

## 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:

Бухач А. д-р техн. наук, проф. (Польша)  
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)  
Киричек А.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)  
Копылов Ю.Р. д-р техн. наук, проф. (Россия)  
Кузичкин О.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 Шэнбо. 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)  
Пылипенко О.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)  
Поляков Р.Н. д-р техн. наук, доц. (Россия)  
Распопов В.Я. д-р техн. наук, проф. (Россия)  
Смоленцев В.П. д-р техн. наук, проф. (Россия)  
Содаткин В.М. 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: [tlostu@mail.ru](mailto:tlostu@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, 2018

## Содержание

### Колонка главного редактора

Человек – эпоха. К 100-летию Сергея Фердинандовича Коридорфа..... 3

### Механика деформируемого твердого тела, динамика и прочность

Gordon V.A., Poturaeva T.V., Semenova G.A. Matrix of the influence for rod with the cross cracks..... 6  
Селиванов А.С., Севастьянов А.А., Лукьянов А.А., Бобровский Н.М. Особенности формирования микрорельефа поверхности закаленной стали при ультразвуковой упрочняющей обработке выглаживанием..... 13  
Лукин Е.С. Определение локальной текучести металлических материалов методом тепловизионной диагностики..... 21

### Машиностроительные технологии и оборудование

Канатников Н.В., Гужов А.А., Канатникова П.А., Паишментова А.С. Экспериментальное исследование влияния геометрических параметров режущей части инструмента на максимальную температуру, возникающую в процессе обработки конических зубчатых колес..... 29  
Самойлов В.Б., Осипов Т.А. Восстановление объемной геометрической точности учебного гравировально-фрезерного станка методами программной коррекции..... 37  
Шатульский А.А., Голубенцев А.В. Повышение надежности и долговечности ответственных отливок ГТУ на основе совершенствования технологии литья и термической обработкой..... 44  
Рапацкий Ю.Л., Копн В.Я., Липка В.М. Исследование и моделирование автоматизированной линии сборки с гибкой структурой..... 51  
Селеменова Е.М., Губарева Л.И., Черепенько А.А. Повышение износостойкости сложнопрофильных рабочих поверхностей при знакопеременных нагрузках..... 64  
Кирейнов А.В., Есов В.Б. Влияние полусинтетической СОЖ с металлоорганическими присадками на износ твердосплавного инструмента при точении коррозионностойкой стали 12X18H10T..... 70

### Машиноведение и мехатроника

Поляков Р.Н., Рыженко П.И. Энергоэффективный ветрогенератор с адаптивно изменяющимся моментом инерции..... 74  
Сафронов Е.В., Носко А.Л. Выбор передаточного отношения мультипликатора фрикционного тормозного ролика..... 81  
Локтионова О.Г., Яцун С.Ф., Ворочаева Л.Ю., Мальчиков А.В. Проектирование и исследование робота-орнитоптера с пассивно складывающимися крыльями..... 88  
Фоминова О.В. Виброзащитные системы с рекуператорами механической энергии..... 96

### Приборы, биотехнические системы и технологии

Потапова Е.В., Дрёмин В.В., Жеребцов Е.А., Подмастерьев К.В., Дунаев А.В. Разработка жидкого оптического фантома для флуоресцентных спектроскопических исследований..... 105  
Бондарева Л.А. Исследование теплового воздействия излучения мобильного телефона на организм человека по изменению температуры барабанной перепонки..... 115  
Незванов А.И., Есипов В.Н. Методика определения параметров движения маятникового элемента датчика уровня железнодорожного пути, обусловленных влиянием жидкости..... 123  
Селихов А.В., Мишин В.В., Подмастерьев К.В., Тихов С.И. Разработка математической модели системы распознавания технического состояния трибузла..... 129

### Контроль, диагностика, испытания и управление качеством

Давыдова Н.В., Иванов Ю.Н., Лазарев С.Н. Метод экспресс-анализа качества смазочного материала для автомобилей гаража особого назначения..... 136  
Грядунова Е.Н., Горин А.В., Токмакова М.А. Контроль герметичности анероидных коробок фотометрическим методом..... 144  
Марков В.В., Углова Н.В., Скопень В.Н. Актуальные проблемы контроля механических характеристик деталей контактных пар электрических соединителей..... 149  
Жильцов М.П., Жидков А.В., Воронина О.А. Исследование контактного взаимодействия поверхностей шар-плоскость, разделенных слоем смазочного материала..... 155  
Варгашкин В.Я. Механизм формирования туннельной составляющей электрического тока через смазочную пленку при диагностировании опор качения с жидкостной и полужидкостной смазкой..... 162  
Семина Е.В. К вопросу о повышении эффективности управления функционированием единой системы газоснабжения..... 173

## 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:

Bukhach A. Doc. Sc. Tech., Prof. (Poland)

Golenkov V.A. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Dyakonov A.A. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Emelyanov S.G. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Zapomel Ya. Doc. Sc. Tech., Prof. (Czech Republic)

Zubchaninov V.G. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Kirichek A.V. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Kopylov Yu.R. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Kuzichkin O.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)

Polyakov R.N. Doc. Sc. Tech., Assist. Prof. (Russia)

Raspopov V.Ya. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Smolenzov V.P. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Soldatkin V.M. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Starovoitov A.L. 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, 2018

## Contents

### Editors Note

Man - the era. To the 100th anniversary of Sergei Ferdinandovich Korndorf..... 3

### Mechanics of deformable solids, dynamics and strength

Гордон В.А., Потураева Т.В., Семенова Г.А. Матрица влияния для стержня с поперечными трещинами..... 6

Selivanov A.S., Sevastyanov A.A., Lukyanov A.A., Bobrovskij N.M. Features of surface microrelief formation of hardened steel with ultrasonic strengthening burnishing..... 13

Lukin E.S. Determination of local fluidity of metal materials by thermovision method..... 21

### Machine-building technologies and equipment

Kanatnikov N.V., Gukov A.A., Kanatnikova P.A., Pashmentova A.S. Experimental investigation of the influence of geometric parameters of the cutting part of the tool on the maximum temperature that arises in the process of processing of the bevel gear wheels..... 29

Samoylov V.B., Osipov T.A. Renovation of volume geometric accuracy of educational graving-milling machine by methods of software correction..... 37

Shatul'sky A.A., Golubentsev A.V. Improving the reliability and durability of responsible castings of the GAS turbine by advancement of casting technology and heat treatment..... 44

Rapatskiy Yu.L., Kopp V.Ya., Lypka V.M. Research and simulation of automated assembling line with flexible structure..... 51

Seleemeneva E.M., Gubareva L.L., Cherepenko A.A. Increase of wear-resistance of working surfaces of ironing pillows with significant loads..... 64

Kireinov A.V., Esov V.B. The influence of semi-synthetic cutting fluid with organometallic additives on tool wear in turning of stainless steel 12H18N10T..... 70

### Machine Science and Mechatronics

Polyakov R.N., Ryzhenko P.I. Energy efficient wind turbine with adaptly variables inertia..... 74

Safronov E.V., Nosko A.L. Selection of the gear ratio of the multiplicator of friction brake roller..... 81

Loktionova O.G., Jatsun S.F., Vorochoeva L.Yu., Malchikov A.V. Design and research of the robot-ornitopter with passive folding wings..... 88

Fominova O.V. Vibrotective systems with recruiters mechanical energy..... 96

### Devices, biotechnical systems and technologies

Potapova E.V., Dremine V.V., Zherebtsov E.A., Podmasteryev K.V., Dunaev A.V. Liquid optical phantom for fluorescence spectroscopy..... 105

Bondareva L.A. Study of temperature effects of mobile phone radiation on the human body on change the temperature at the eardrum..... 115

Neznanov A.I., Esipov V.N. Method of determining the parameters of movement pendulum element of the sensor of the railway-level sensor defined by the influence of the liquid..... 123

Selikhov A.V., Mishin V.V., Podmasteryev K.V., Tikhov S.I. Development of the mathematical model of the recognition system of the technical condition of the tribo joint..... 129

### Monitoring, Diagnostics, Testing and Quality Management

Davydova N.V., Ivanov Yu.N., Lazarev S.N. Method of express analysis of the quality of the lubricant for vehicles of garage of special function..... 136

Griadyanova T.N., Gorin A.V., Tokmakova M.A. Tightness control aneroid boxes by photometric method..... 144

Markov V.V., Uglova N.V., Skovpen V.N. Actual problems control the mechanical characteristics of parts contact pairs electrical connectors..... 149

Zhiltsov M.P., Zhidkov A.V., Voronina O.A. Research of contact interaction the surfaces a sphere-flat surfaces separated by layer of lubricant..... 155

Vargashkin V.Ya. The mechanism of formation of the tunnel component of electric current through the lubricant film at diagnosing of ball-bearing with liquid and semi-liquid lubricant..... 162

Semina E.V. To the issue of improving the efficiency of management of the national gas supply system functioning..... 173

## ЧЕЛОВЕК – ЭПОХА



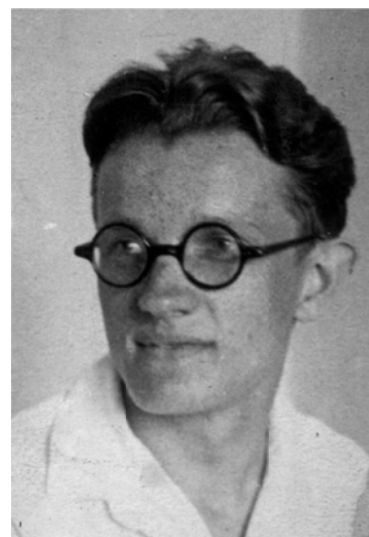
*О милых спутниках, которые наш свет  
Своим сопутствием для нас животворили,  
Не говори с тоской: их нет;  
Но с благодарностью: были.*

В.А. Жуковский

23 октября 2018 года исполняется 100 лет со дня рождения выдающегося ученого, наставника и педагога **Сергея Фердинандовича Корндорфа** – доктора технических наук, профессора, Заслуженного работника высшего образования Российской Федерации. Он прожил длинную и достойную жизнь, оставив после себя глубокий след в науке и в судьбе тысяч людей, став для многих своих учеников примером беззаветной службы науке, глубокой порядочности и потрясающей эрудиции. Он ушел из жизни в январе 2012 года в возрасте 93 лет, до последнего времени оставаясь действующим профессором кафедры приборостроения, метрологии и сертификации Орловского государственного университета им. И.С. Тургенева.

Родился Сергей Фердинандович в г. Костроме в семье банковского служащего Фердинанда Федоровича Корндорфа, его дед Дионисий Антонович Поржезинский, был одним из ведущих учёных Императорского технического училища (ныне МГТУ им. Н.Э. Баумана).

В 1934-1938 годах – он студент Московского радиотехникума, где впервые начал заниматься исследовательской деятельностью, а закончив техникум, стал работать в ЦНИИ связи в антенной лаборатории. Самостоятельные исследования С.Ф. Корндорф начал вести с 1949 г., являясь научным сотрудником кафедры "Электротехника" Московского станкоинструментального института "СТАНКИН". В 1954 г. он защитил кандидатскую, а в 1965 г. – докторскую диссертацию на тему «Фотоэлектрические методы контроля в машиностроении».



С 1960 г. Сергей Фердинандович заведует кафедрой "Электроника и автоматическое регулирование" Московского станкоинструментального института, одновременно читает лекции в Московском Высшем техническом училище им. Н.Э. Баумана. В 1972 г. Министерством высшего и среднего специального образования откомандирован в Красноярский политехнический институт для организации кафедры "Информационно-измерительная техника". В период с 1972 по 1979 годы он являлся членом Головного совета по метрологии и стандартизации Минвуза РСФСР.

На протяжении более чем 30 лет работы в г. Москве и Красноярске С.Ф. Корндорф вел целенаправленную работу по созданию научной школы в области фотоэлектрического приборостроения и разработки приборов, основанных на использовании флуктуационных

процессов. Под его руководством было подготовлено более 50 кандидатов наук, 5 человек из которых в дальнейшем защитили докторские диссертации. Под его руководством велись научно-исследовательские работы для ряда предприятий: ЭНИМСа, станкостроительного завода им. Серго Орджоникидзе, завода "Калибр", Первого часового завода, НИИ медицинского приборостроения и инструмента. Начатая под его руководством разработка оптических ультразвуковых шкал в Московском станкоинструментальном институте и ЭНИМСе привела к созданию ряда образцов шкал, и успешно продолжилась под руководством его ученика, профессора, д.т.н. В.И. Телешевского. Разработкой фотоэлектрических методов контроля в текстильной промышленности занимался еще один ученик С.Ф. Корндорфа – профессор, д.т.н., М.М. Мухитдинов, который затем возглавлял Ферганский политехнический институт.



Следующим периодом в жизни С.Ф. Корндорфа был приход в 1979 г. на пост заведующего кафедрой приборов точной механики Орловского филиала Всесоюзного заочного машиностроительного института (ныне – Орловский государственный университет). Указанный период характеризуется изменением профиля подготовки специалистов вузов. Бурное развитие электроники в области приборостроения привело к тому, что наиболее востребованными стали инженеры, сочетающие глубокие знания в области точной механики со знаниями в области электроники и вычислительной

техники. С учетом указанных тенденций было принято решение о подготовке в Орле инженеров-электромехаников по специальности приборостроение и переименовании кафедры в кафедру приборостроения, метрологии и сертификации, где Сергей Фердинандович работал до последнего момента.

За более чем 30 лет работы в Орле Сергей Фердинандович основал новую научную школу по разработке электрофлуктуационных методов и средств технического диагностирования, контроля и прогнозирования состояния веществ, материалов и изделий,



технических и биологических объектов. Первым выпускником данной школы был Подмастерьев Константин Валентинович (1986 год), который затем защитил докторскую диссертацию (2002 г.) и в настоящее время возглавляет кафедру. После открытия в университете аспирантуры по специальности 05.11.13 "Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий"

научная школа получила бурное развитие, практически ежегодно проходили защиты кандидатских диссертаций аспирантов, при этом решалась задача повышения научной квалификации не только преподавателей родной для Сергея Фердинандовича кафедры, но и других кафедр университета, предприятий региона. В Орле под его руководством было подготовлено более 15 кандидатов наук.



Вот так 93 года жизни можно вложить в страничку текста. И не видна за этими строками безудержная энергия Сергея Фердинандовича, бьющая из него неиссякаемым фонтаном, не виден круг интересов, поражающий своей широтой, не чувствуется глубина тех знаний, которыми он обладал и постоянно делился. И не расскажет никакая биография о том, что человек в 93 года постоянно учился, и что профессор Корндорф каждый свой отпуск на несколько недель ездил в Российскую Государственную библиотеку, чтобы ознакомиться с передовыми достижениями в разных отраслях науки и техники (тогда не было интернета).

Посвятить всю свою жизнь науке сможет далеко не каждый, но именно такой путь стал призванием Сергея Фердинандовича, по книгам которого учились многие классики в области приборостроения и неразрушающего контроля, начиная уже с 50-60 годов прошлого века.

Его интерес к окружающему миру поистине был неисчерпаем, а круг научных интересов затрагивал очень разные области и направления и постоянно расширялся. Он интересовался всем, будь то проблема оценки состояния смазочной пленки в подшипниках качения или способ измерения фазового сдвига световых волн, испытание экзокарпиев ягод на растяжение или ультразвуковой способ контроля перемещений. Сергей Фердинандович Корндорф является автором 17 монографий, справочников и учебников, изданных как в нашей стране, так и за рубежом, более 150 статей и свыше 50 изобретений.

Сергей Фердинандович являлся одним из последних представителей старой научной школы. Он был истинным ученым – дерзким мечтателем и одновременно экспертом, высокопрофессиональным и необыкновенно деятельным, эрудитом и фантазером.

Он был думающим человеком, философом, мыслителем, и, общаясь с людьми, он ценил тех, кто думает, он учил думать, он не разрешал принимать на веру ни один из фактов. Это был мудрец, способный не только увидеть сущность проблемы, но и предложить несколько вариантов ее решения. Причем относилось это как к научно-техническим, так и к житейским, бытовым ситуациям. Его душевный мир никогда не был замкнут, он оставался мудрым и спокойным собеседником и откликался на все насущные проблемы времени.

Сергей Фердинандович с щедростью тратил на вас своё время, он безусловный авторитет, корифей, занятый и много работающий человек, в мире, где четко установлены временные и иные рамки, а он с необыкновенной щедростью и радостью уделял вам время, не оставляя никого без внимания.

У этого замечательного ученого и удивительного человека была необыкновенная черта становится для своих учеников не только научным руководителем, но и советчиком, наставником, учителем. Нет даже не так. Учителем! Обязательно с большой буквы.

*Ученики С.Ф. Корндорфа*

**P.S.** Характерно, что сформированная С.Ф. Корндорфом в Орловском государственном университете научная школа интенсивно развивается и сегодня. Расширяются и углубляются традиционные научные направления, появляются новые перспективные направления исследований. Многие из его учеников уже выступают в качестве успешных научных руководителей аспирантов и докторантов, практически ежегодно защищаются диссертации на соискание ученых степеней. В данном номере журнала две рубрики: «Приборы, биотехнические системы и технологии» и «Контроль, диагностика, испытания и управление качеством» наполнены статьями представителей развивающейся научной школы Сергея Фердинандовича Корндорфа.

# **МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА, ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ**

УДК 624.072.2.011.1

V.A. GORDON, T.V. POTURAEVA, G.A. SEMENOVA

## **MATRIX OF THE INFLUENCE FOR ROD WITH THE CROSS CRACKS**

**Abstract.** *In work the option of use of a method of initial parameters in a problem of a bend of a rod with cross cracks is presented. At the same time the rod is modelled by a compound design from several sites which borders are cracks. The matrix of influence of initial parameters on a condition of the arbitrary sections of each site is constructed.*

**Keywords:** *matrix of influence, rod, crack, dynamic characteristic of rod; state vector.*

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Shifrin, E.I. Natural frequencies of a beam with an arbitrary number of cracks/ Journal of sound and vibration 222(3) 1999: 409–423
2. Hai–Ping Lin, Wu J.D. Beam vibrations with arbitrary number of cracks / Journal of sound and vibration 258(5) 2002: 987–999
3. Fernandez–Saez J., Navarro C. Fundamental frequency of cracked beams: an analytical approach / Journal of sound and vibration 256(2) 2002: 17–31
4. Han–Ik Yoon, In–Soo Son, Sung–Jin Ahn. Vibration analysis of Euler–Bernoulli beam with double cracks / Journal of Mech.Science and Technology 21 2007: 476–485
5. Behrad M., Ebrahimi, Meghdari A. A continuous vibration theory for beams with a vertical edge cracks / Mechanical Engineering Vol.17 2010: 194–204
6. Khatir A., Tehami M., Khatir S. Damage detection and localization in composite beam structures based on vibration analysis / Mechanica 21( 6) 2015: 472–479
7. Jagdale P.M., Chakrabarti D.M.A. Free vibration analysis of cracked beam / Intern.J.of Engineering Research and Applications. Vol.3. Issue 6. 2013: 1172–1176
8. Capozucca R., Magagnini E. Analysis of cracked RC beam under vibration / IOP Conf.Series: Journal of Physics: Conf.Series. 842 2017: 012076
9. Tolokonnikov, L.A. The mechanics solid of body being deformed. – M.: Higher school, 1979. – 307 p.
10. Bamnios, Y. Identification of cracks in single and double cracked beams using mechanical impedance / Y. Bamnios, E. Douka, A. Trochidis // Proc. X Intern. Congress on sound and vibration, 2003. – Stockholm, Sweden. – P. 1267–1274.

**Gordon Vladimir Aleksandrovich**  
Orel State University named after I.S.  
Turgenev, Orel, Russia  
Doctor of Engineering Sciences,  
Professor of the higher mathematics  
department  
302026, Orel, st. Komsomolskaya, 95  
E–mail: gordon@ostu.ru

**Poturaeva Tatyana Vyacheslavovna**  
Orel State University named after I.S.  
Turgenev, Orel, Russia  
PhD Doctor of Engineering Sciences,  
Associate Professor of the higher  
mathematics department  
302026, Orel, st. Komsomolskaya, 95  
E–mail: tanpo77@mail.ru

**Semenova Galina Aleksandrovna**  
Orel State University named after I.S.  
Turgenev, Orel, Russia  
PhD Doctor of Engineering Sciences,  
Associate Professor of the higher  
mathematics department  
302026, Orel, st. Komsomolskaya, 95  
E–mail: greece–g2011@yandex.ru

V.A. ГОРДОН, Т.В. ПОТУРАЕВА, Г.А. СЕМЕНОВА

## **МАТРИЦА ВЛИЯНИЯ ДЛЯ СТЕРЖНЯ С ПОПЕРЕЧНЫМИ ТРЕЩИНАМИ**

**Аннотация.** *В работе представлен вариант использования метода начальных параметров в задаче изгиба стержня с поперечными трещинами. При этом стержень моделируется составной конструкцией из нескольких участков, границами которых являются трещины. Построена матрица влияния начальных параметров на состояние произвольных сечений каждого участка.*

**Ключевые слова:** *матрица влияния, стержень, трещины, динамические характеристики стержня, вектор состояния.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shifrin, E.I. Natural frequencies of a beam with an arbitrary number of cracks / Journal of sound and vibration 222(3) 1999: 409–423
2. Hai–Ping, Lin Beam vibrations with arbitrary number of cracks / Journal of sound and vibration 258(5) 2002: 987–999
3. Fernandez–Saez J. Fundamental frequency of cracked beams: an analytical approach / Journal of sound and vibration 256(2) 2002: 17–31
4. Han–Ik, Yoon Vibration analysis of Euler–Bernoulli beam with double cracks / Journal of Mech.Science and Technology 21 2007: 476–485
5. Behrad, M., A continuous vibration theory for beams with a vertical edge cracks / Mechanical Engineering Vol.17 2010: 194–204
6. Khatir, A. Damage detection and localization in composite beam structures based on vibration analysis / Mechanica 21( 6) 2015: 472–479
7. Jagdale, P.M. Free vibration analysis of cracked beam / Intern.J.of Engineering Research and Applications. Vol.3. Issue 6. 2013: 1172–1176
8. Capozucca, R. Analysis of cracked RC beam under vibration / IOP Conf.Series: Journal of Physics: Conf.Series. 842 2017: 012076
9. Толоконников, Л.А. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Высшая школа, 1979. – 307 с.
10. Bannios, Y. Identification of cracks in single and double cracked beams using mechanical impedance / Y. Bannios, E. Douka, A. Trochidis // Proc. X Intern. Congress on sound and vibration, 2003. – Stockholm, Sweden. – P. 1267–1274.

**Гордон Владимир Александрович**  
 Орловский государственный  
 университет им. И.С. Тургенева  
 Доктор технических наук,  
 профессор кафедры высшей  
 математики  
 302026, Орел, ул. Комсомольская,  
 95  
 E-mail: gordon@ostu.ru

**Потураева Татьяна Вячеславовна**  
 Орловский государственный  
 университет им. И.С. Тургенева  
 Кандидат технических наук, доцент  
 кафедры высшей математики  
 302026, Орел, ул. Комсомольская,  
 95  
 E-mail: tanpo77@mail.ru

**Семенова Галина Александровна**  
 Орловский государственный  
 университет им. И.С. Тургенева  
 Кандидат технических наук,  
 доцент кафедры высшей  
 математики  
 302026, Орел, ул. Комсомольская,  
 95  
 E-mail: greece-g2011@yandex.ru

УДК 621.787.4

А.С. СЕЛИВАНОВ, А.А. СЕВАСТЬЯНОВ, А.А. ЛУКЪЯНОВ, Н.М. БОБРОВСКИЙ

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКЕ ВЫГЛАЖИВАНИЕМ

**Аннотация.** В статье представлены результаты сравнительного экспериментального исследования топографии поверхности детали из закаленной стали при отделочно–упрочняющей обработке выглаживанием инструментом с наложением механических колебаний ультразвуковой частоты и без наложения. Эксперименты проведены на станке с ЧПУ модели 16B16T1C1, ультразвуковой генератор УЗГ–0,4/22 мощностью 0,4 кВт и частотой колебаний 22 кГц. Материал заготовок – сталь ХВГ (HRC 60...63), конструкция – кольца наружным диаметром  $\Phi 56 \pm 0,2$  мм. и высотой  $20 \pm 0,5$  мм. Режимы обработки: давление в гидросистеме приспособления – 0,1...0,3 МПа; величина подачи инструмента  $s=0,1$  мм/об; частота вращения  $n=400$  об/мин. При ультразвуковом выглаживании амплитуда колебаний инструмента составляла 9 мкм, частота 22 кГц. Топография обработанных поверхностей исследовалась на оптическом микроскопе Axiovert 40MAT и лазерном сканирующем микроскопе LEXT, измерение шероховатости и профилографирование поверхностей выполняли на приборе Mitutoyo Surftest SJ–210. Получено, что после обработки выглаживанием с наложением УЗК имеется упорядоченная пластически деформированная структура.

**Ключевые слова:** шероховатость, микрорельеф, поверхность, ультразвуковое выглаживание.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Grigoriev, S.N., The Control Platform for Decomposition and Synthesis of Specialized CNC Systems, Procedia CIRP, 41 (2016), pp. 858–863. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84968831732&doi=10.1016%2fj.procir.2015.08.031&partnerID=40&md5=bc439efa0eb323b10fd7b9cf01b1c22> (access date: 23.03.2018) DOI: 10.1016/j.procir.2015.08.031

2. Grigorev, S.N. A method of technologic audit of technical re–equipment projects in aircraft production enterprises, *Russian Aeronautics*, 58(2) (2015), pp. 244–250. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84941129784&doi=10.3103%2fS106879981502018X&partnerID=40&md5=7d65f5e9de81d90b62c845a2b1625dc3> (access date: 23.03.2018) DOI: 10.3103/S106879981502018X
3. Grigoriev, S.N., Research of Tool Durability in Surface Plastic Deformation Processing by Burnishing of Steel Without Metalworking Fluids (2017) IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 66 (1), art. no. 012013, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85019770159&doi=10.1088%2f1755-1315%2f66%2f1%2f012013&partnerID=40&md5=67dea062f36ae0dabafe572637edfd2c> DOI: 10.1088/1755-1315/66/1/012013
4. Grigoriev, S.N. Ecological and Toxicological Characteristics of Metalworking Fluids Used in Finishing Processing in Russian Federation (2017) IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 66 (1), art. no. 012012, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85019695191&doi=10.1088%2f1755-1315%2f66%2f1%2f012012&partnerID=40&md5=89494b0074095bad5e7282e87b0a2550> DOI: 10.1088/1755-1315/66/1/012012
5. Grigoriev, S.N. Environmental Aspects of the Green Surface Plastic Deformation Technology of Car Parts (2017) IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 50 (1), art. no. 012015, URL <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85012206681&doi=10.1088%2f1755-1315%2f50%2f1%2f012015&partnerID=40&md5=b599b219d6dc4d1abdaed8dfb0ccd7d3> DOI: 10.1088/1755-1315/50/1/012015
6. Grigoriev, S.N. Technological parameters forming the surface texture in hyper productive surface Plastic deformation processing (2017) *Key Engineering Materials*, 746 KEM, pp. 114–119, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85027038463&doi=10.4028%2fwww.scientific.net%2fKEM.746.114&partnerID=40&md5=976ef83f601af061ee97fef219d8a15f> DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.746.114
7. Grigoriev, S.N. Testing of external cylindrical surfaces of car parts after wide burnishing processing (2017) *Key Engineering Materials*, 746 KEM, pp. 126–131, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85027021045&doi=10.4028%2fwww.scientific.net%2fKEM.746.126&partnerID=40&md5=0fbf3d44d1854908d9db874d6c927743> DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.746.126
8. Bobrovskij N.M. The Modelling Of Basing Holes Machining Of Automatically Replaceable Cubical Units For Reconfigurable Manufacturing Systems With Low–Waste Production, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 50 (2017), pp. 012013.
9. Gorshkov B.M. Methods for diagnosing of technical systems [Metody diagnostirovaniya tekhnicheskikh sistem], Conference proceedings of the III International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies in Service», (St. Petersburg State University of Service and Economics, St. Petersburg, 2012), pp. 148–149.
10. Grigoriev, S.N. Research of tool durability in surface plastic deformation by Wide burnishing of cast iron without metalworking fluids (2017) *Key Engineering Materials*, 746 KEM, pp. 120–125, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85027031213&doi=10.4028%2fwww.scientific.net%2fKEM.746.120&partnerID=40&md5=898a5486ce2a899def44dd1e8830f41d> DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.746.120
11. Bobrovskij, N.M. Simulation of thermal fields using different types of wide burnishing (2015) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 91 (1), art. no. 012034, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84946962908&doi=10.1088%2f1757-899X%2f91%2f1%2f012034&partnerID=40&md5=c40daf25714e225654c2c07c4e3e6f95> DOI: 10.1088/1757-899X/91/1/012034
12. Unyanin, A.N. Study of Forces during Ultrasonic Vibration Assisted Grinding (2016) *Procedia Engineering*, 150, pp. 1000–1006, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84984788929&doi=10.1016%2fj.proeng.2016.07.153&partnerID=40&md5=dd67fbb86303b3c3e5c5c2f0f6579e05> DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.153
13. Unyanin, A.N. Ultrasound treatment of lubricating–cooling liquid in grinding part billets (2001) *Avtomobilnaya Promyshlennost*, (4), pp. 37–39, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0035773918&partnerID=40&md5=0e5787c22176b0c622f91ef0ebe37be4>
14. Kiselev, E. Direct formation of surface layers quality parameters during combined treatment of two–phase stainless steel blanks (2017) *MATEC Web of Conferences*, 129, art. no. 01056, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85034215781&doi=10.1051%2fmateconf%2f201712901056&partnerID=40&md5=b0153a981669f5b70bef1dcbd3a34918> DOI: 10.1051/mateconf/201712901056
15. Kiselev, E.S. Hybrid machining in the creation of specified residual stress in the surface layer (2012) *Russian Engineering Research*, 32 (5–6), pp. 504–507, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84862607247&doi=10.3103%2fS1068798X12050097&partnerID=40&md5=07c8ae94f3b92293f84aba4522520236> DOI: 10.3103/S1068798X12050097
16. Bobrovskij, N.M. Aspects of thermal field by wide burnishing (2015) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 91 (1), art. no. 012035, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84946962867&doi=10.1088%2f1757->



899X%2f91%2f1%2f012035&partnerID=40&md5=c0a942d0ce2f13a0fa3717e4fc76621e DOI: 10.1088/1757-899X/91/1/012035

17. Unyanin, A.N. Grinding Forces in the Presence of Ultrasound (2018) Russian Engineering Research, 38 (3), pp. 193–197, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85045970943&doi=10.3103%2fS1068798X1803022X&partnerID=40&md5=9ee037b582f088a25f2f20376d32d631>  
DOI: 10.3103/S1068798X1803022X

18. Unyanin, A. The ultrasonic grinding process temperature field study (2017) MATEC Web of Conferences, 129, art. no. 01011, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85034213057&doi=10.1051%2fmateconf%2f201712901011&partnerID=40&md5=73d99e3a45212af9f2d5a212974ce1a1> DOI: 10.1051/mateconf/201712901011

19. Kiselev, E.S. Inheritance and the Residual Stress in the Surface Layer of Machine Parts (2011) Russian Engineering Research, 31 (6), pp. 545–548, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-79959633529&doi=10.3103%2fS1068798X11060128&partnerID=40&md5=af1e36583a0c1774dc7fcb82e430c2b4>  
DOI: 10.3103/S1068798X11060128

20. Kiselev, E.S. Efficiency rise of billets grinding with the help of ultrasonics (2001) Avtomobilnaya Promyshlennost, (9), pp. 26–27, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0035548811&partnerID=40&md5=76e93c16345c2250ebfbf097b957f52e>

**Селиванов Александр Сергеевич**

Тольяттинский государственный университет  
К.т.н., директор института машиностроения  
Тел.: +79608466579  
E-mail: selivas@inbox.ru

**Севастьянов Александр Александрович**

Тольяттинский государственный университет, студент  
Тел.: +78482539453  
E-mail: topavel@mail.ru

**Лукьянов Алексей Александрович**

Тольяттинский государственный университет, аспирант  
Тел.: +79178206581  
E-mail: a.lukyanov@tehnomasch.ru

**Бобровский Николай Михайлович**

Тольяттинский государственный университет, профессор  
Тел.: 88482408011  
E-mail: bobrnm@yandex.ru

A.S. SELIVANOV, A.A. SEVASTYANOV, A.A. LUKYANOV, N.M. BOBROVSKIJ

**FEATURES OF SURFACE MICRORELIEF FORMATION OF HARDENED STEEL WITH ULTRASONIC STRENGTHENING BURNISHING**

**Abstract.** *In this article results of comparative experimental study of the hardened steel part surface topography with a finishing–hardening processing using a tool with superposition of mechanical ultrasonic frequency oscillations and without overlapping are presented. The experiments were carried out on a CNC machine model 16B16T1S1, with ultrasonic generator UZG–0.4/22 with a power of 0.4 kW and oscillations frequency of 22 kHz. The material of the workpieces was steel HVG (HRC 60... 63), the construction – rings with an outer diameter of  $\varnothing 56 \pm 0.2$  mm. and a height of  $20 \pm 0.5$  mm. Processing modes: the pressure in the hydraulic system of the device is 0.1...0.3 MPa; tools feed  $s = 0.1$  mm/rev; rotation speed  $n = 400$  rpm. With ultrasonic burnishing, the oscillation amplitude of the instrument was  $9 \mu\text{m}$ , the frequency was 22 kHz. The topography of the treated surfaces was examined with an Axiovert 40MAT optical microscope and a LEXT laser scanning microscope, the roughness measurement and surface profiling were performed on a Mitutoyo Surftest SJ–210 instrument. As a result, it was found that after the burnishing treatment with ultrasonic application, the surface obtains an ordered plastically deformed structure.*

**Keywords:** roughness, microrelief, surface, ultrasonic burnishing.

**BIBLIOGRAPHY**

1. Grigoriev, S.N., The Control Platform for Decomposition and Synthesis of Specialized CNC Systems, Procedia CIRP, 41 (2016), pp. 858–863. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84968831732&doi=10.1016%2fj.procir.2015.08.031&partnerID=40&md5=bc439efa0eb323b10fd7b9cf01b1c22>  
(access date: 23.03.2018) DOI: 10.1016/j.procir.2015.08.031

2. Grigorev, S.N. A method of technologic audit of technical re–equipment projects in aircraft production enterprises, Russian Aeronautics, 58(2) (2015), pp. 244–250. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84941129784&doi=10.3103%2fS106879981502018X&partnerID=40&md5=7d65f5e9de81d90b62c845a2b1625dc3>  
(access date: 23.03.2018) DOI: 10.3103/S106879981502018X

3. Grigoriev, S.N., Research of Tool Durability in Surface Plastic Deformation Processing by Burnishing of Steel Without Metalworking Fluids (2017) IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 66 (1), art. no. 012013, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85019770159&doi=10.1088%2f1755-1315%2f66%2f1%2f012013&partnerID=40&md5=67dea062f36ae0dabafe572637edfd2c> DOI: 10.1088/1755-1315/66/1/012013

4. Grigoriev, S.N. Ecological and Toxicological Characteristics of Metalworking Fluids Used in Finishing Processing in Russian Federation (2017) IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 66 (1), art. no. 012012, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85019695191&doi=10.1088%2f1755-1315%2f66%2f1%2f012012&partnerID=40&md5=89494b0074095bad5e7282e87b0a2550> DOI: 10.1088/1755-1315/66/1/012012
5. Grigoriev, S.N. Environmental Aspects of the Green Surface Plastic Deformation Technology of Car Parts (2017) IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 50 (1), art. no. 012015, URL <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85012206681&doi=10.1088%2f1755-1315%2f50%2f1%2f012015&partnerID=40&md5=b599b219d6dc4d1abdaed8dfb0ccd7d3> DOI: 10.1088/1755-1315/50/1/012015
6. Grigoriev, S.N. Technological parameters forming the surface texture in hyper productive surface Plastic deformation processing (2017) Key Engineering Materials, 746 KEM, pp. 114–119, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85027038463&doi=10.4028%2fwww.scientific.net%2fKEM.746.114&partnerID=40&md5=976ef83f601af061ee97fef219d8a15f> DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.746.114
7. Grigoriev, S.N. Testing of external cylindrical surfaces of car parts after wide burnishing processing (2017) Key Engineering Materials, 746 KEM, pp. 126–131, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85027021045&doi=10.4028%2fwww.scientific.net%2fKEM.746.126&partnerID=40&md5=0fbf3d44d1854908d9db874d6c927743> DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.746.126
8. Bobrovskij N.M. The Modelling Of Basing Holes Machining Of Automatically Replaceable Cubical Units For Reconfigurable Manufacturing Systems With Low-Waste Production, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 50 (2017), pp. 012013.
9. Gorshkov B.M. Methods for diagnosing of technical systems [Metody diagnostirovaniya tekhnicheskikh sistem], Conference proceedings of the III International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies in Service», (St. Petersburg State University of Service and Economics, St. Petersburg, 2012), pp. 148–149.
10. Grigoriev, S.N. Research of tool durability in surface plastic deformation by Wide burnishing of cast iron without metalworking fluids (2017) Key Engineering Materials, 746 KEM, pp. 120–125, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85027031213&doi=10.4028%2fwww.scientific.net%2fKEM.746.120&partnerID=40&md5=898a5486ce2a899def44dd1e8830f41d> DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.746.120
11. Bobrovskij, N.M. Simulation of thermal fields using different types of wide burnishing (2015) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 91 (1), art. no. 012034, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84946962908&doi=10.1088%2f1757-899X%2f91%2f1%2f012034&partnerID=40&md5=c40daf25714e225654c2c07c4e3e6f95> DOI: 10.1088/1757-899X/91/1/012034
12. Unyanin, A.N. Study of Forces during Ultrasonic Vibration Assisted Grinding (2016) Procedia Engineering, 150, pp. 1000–1006, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84984788929&doi=10.1016%2fj.proeng.2016.07.153&partnerID=40&md5=dd67fbb86303b3c3e5c5c2f0f6579e05> DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.153
13. Unyanin, A.N. Ultrasound treatment of lubricating-cooling liquid in grinding part billets (2001) Avtomobilnaya Promyshlennost, (4), pp. 37–39, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0035773918&partnerID=40&md5=0e5787c22176b0c622f91ef0ebe37be4>
14. Kiselev, E. Direct formation of surface layers quality parameters during combined treatment of two-phase stainless steel blanks (2017) MATEC Web of Conferences, 129, art. no. 01056, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85034215781&doi=10.1051%2fmateconf%2f201712901056&partnerID=40&md5=b0153a981669f5b70bef1dcbd3a34918> DOI: 10.1051/mateconf/201712901056
15. Kiselev, E.S. Hybrid machining in the creation of specified residual stress in the surface layer (2012) Russian Engineering Research, 32 (5–6), pp. 504–507, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84862607247&doi=10.3103%2fS1068798X12050097&partnerID=40&md5=07c8ae94f3b92293f84aba4522520236> DOI: 10.3103/S1068798X12050097
16. Bobrovskij, N.M. Aspects of thermal field by wide burnishing (2015) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 91 (1), art. no. 012035, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84946962867&doi=10.1088%2f1757-899X%2f91%2f1%2f012035&partnerID=40&md5=c0a942d0ce2f13a0fa3717e4fc76621e> DOI: 10.1088/1757-899X/91/1/012035
17. Unyanin, A.N. Grinding Forces in the Presence of Ultrasound (2018) Russian Engineering Research, 38 (3), pp. 193–197, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85045970943&doi=10.3103%2fS1068798X1803022X&partnerID=40&md5=9ee037b582f088a25f2f20376d32d631> DOI: 10.3103/S1068798X1803022X
18. Unyanin, A. The ultrasonic grinding process temperature field study (2017) MATEC Web of Conferences, 129, art. no. 01011, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85034213057&doi=10.1051%2fmateconf%2f201712901011&partnerID=40&md5=73d99e3a45212af9f2d5a212974ce1a1> DOI: 10.1051/mateconf/201712901011
19. Kiselev, E.S. Inheritance and the Residual Stress in the Surface Layer of Machine Parts (2011) Russian Engineering Research, 31 (6), pp. 545–548, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

79959633529&doi=10.3103%2fS1068798X11060128&partnerID=40&md5=af1e36583a0c1774dc7fcb82e430c2b4  
DOI: 10.3103/S1068798X11060128

20. Kiselev, E.S. Efficiency rise of billets grinding with the help of ultrasonics (2001) Avtomobilnaya Promyshlennost, (9), pp. 26–27, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0035548811&partnerID=40&md5=76e93c16345c2250ebfbf097b957f52e>

**Selivanov Aleksandr Sergeevich**  
Togliatti State University  
Cand. of tech. science,  
Director of the Institute of Mechanical Engineering  
445020, Togliatti, Belorusskaya St., 14  
Phone: +79608466579  
E-mail: selivas@inbox.ru

**Sevastjanov Aleksandr Aleksandrovich**  
Togliatti State University, student  
445020, Togliatti, Belorusskaya St., 14  
Phone: +78482539453  
E-mail: office@tltsu.ru

**Lukyanov Aleksey Aleksandrovich**  
Togliatti State University  
post graduate student  
445020, Togliatti, Belorusskaya St., 14  
Phone.: +79178206581  
E-mail: a.lukyanov@tehnomasch.ru

**Bobrovskij Nikolaj Mihajlovich**  
Togliatti State University,  
professor  
445020, Togliatti, Belorusskaya St., 14  
Phone.: +78482408011  
E-mail: bobrnm@yandex.ru

УДК 620.172.224:620.172.242

Е.С. ЛУКИН

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ТЕКУЧЕСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы оценки достижения предельного состояния элементов конструкций из сталей, выполненных в виде плоских гладких образцов и образцов с центральным круговыми концентраторами напряжений. Оценка предельного состояния проводится в процессе упругопластического деформирования конструкционных сталей, с привлечением средств тепловизионной диагностики. Тепловизионная камера позволяет измерять интенсивность ИК-излучение с поверхности деформируемого образца, формируя двумерное распределение температуры по поверхности. Момент достижения предельного состояния материала, производится на основе термоупругого и термопластического эффектов, которые проявляются в процессе упругопластического деформирования. Показано, что тепловизионный метод позволяет установить момент начала локальной текучести для гладких образцов и образцов с концентраторами напряжений, а также установить момент потери устойчивости пластических деформаций. Результаты оценки предельного состояния на основе тепловизионного метода, удовлетворительно согласуются с данными полученными зарекомендовавшими способами.

**Ключевые слова:** Локальная текучесть, термоупругий эффект, термопластический эффект, тепловизионная система, упруго-пластическая деформация.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерасов, В.С. Определение скорости пластической деформации при испытании на растяжение // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2014. – Т.80, №5. – С. 61–63.
2. Ицкович, Г.М. Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 2001. – 368 с.
3. Махутов, Н.А. Деформационные критерии разрушения и расчет элементов конструкций на прочность. – М.: Машиностроение, 1981. – 274 с.
4. Носов, В.В. Оценка прочности и ресурса сварных конструкций на основе микромеханической модели акустической эмиссии при статическом нагружении // Деформация и разрушение материалов. – 2016. – №11. – С. 38–45.
5. Пустовой, В.Н. Неконтактный метод исследования концентрации напряжений в металлоконструкциях грузоподъемных машин: Учеб. пособие. – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1991. – 48 с.
6. Кристал, М.М. Эволюция температурного поля и макролокализация деформации при прерывистой текучести // Металловедение и термическая обработка материалов. – 2003. – №4. – С. 27–32.
7. Pieczyska, E.A. Temperature evolution during simple shear test of steel / Proceedings of Eurotherm Seminar // Quantitative infrared thermography 4, QIRT98, No. 60. – Lodz, Poland, 2000. – PP. 112–116.

8. Pieczyska, E.A. Rate of energy storage during consecutive deformation of steel / Proceedings of Eurotherm Seminar // Quantitative infrared thermography 5, QIRT2000, No. 64. – Reims, France, 2000. – PP. 260–264.
9. Thompson, (Lord Kelvin). On the Dynamical theory of heat // Transactions of the Royal Society of Edinburgh. – 1853. – Vol. 20. – PP. 261–283.
10. Jordan, E.H. Journal of Testing Evaluation. JTEVA. – 1978. – Vol. 6, No. 6. – PP. 325–331.
11. Махутов, Н.А. Деформационные критерии разрушения и расчета элементов конструкций на прочность. – М.: Машиностроение, 1981. – 272 с.
12. Новопашин, М.Д. Известия СО АН СССР. Сер. техн. Наук. – 1989. – Вып. 2. – С. 97–101.
13. Петерсон, Р. Коэффициенты концентрации напряжений. – М.: Мир, 1977. – 304 с.

**Лукин Евгений Саввич**

Федеральное Государственное Бюджетное Учреждение Науки Институт физико–технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН

кандидат технических наук, старший научный сотрудник

677980, Россия, г.Якутск, ул. Октябрьская, д.1

8 (411–2) 39–05–75

lukin@iptpn.ysn.ru

---

E.S. LUKIN

## **DETERMINATION OF LOCAL FLUIDITY OF METAL MATERIALS BY THERMOVISION METHOD**

**Abstract.** *The article deals with the evaluation of the achievement of the limiting state of structural elements made of steels made in the form of flat smooth samples and samples with central circular stress concentrators. The estimation of the limiting state is carried out in the process of elastoplastic deformation of structural steels, with the use of thermal imaging diagnostic tools. A thermal imaging camera allows to measure the intensity of infrared radiation from the surface of a deformable sample, forming a two–dimensional temperature distribution over the surface. The moment of reaching the ultimate state of the material is made on the basis of thermoelastic and thermoplastic effects, which manifest themselves in the process of elastoplastic deformation. It is shown that the thermal imaging method makes it possible to determine the instant of onset of local fluidity for smooth samples and samples with stress concentrators, and also to establish the moment of loss of stability of plastic deformations. The results of the estimation of the limiting state on the basis of the thermal–thermal method are in satisfactory agreement with the data obtained by the established methods.*

**Keywords.** *Local fluidity, thermoelastic effect, thermoplastic effect, thermovision system, elastic–plastic deformation.*

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Erasov V.S., Bajramukov R.R., Nuzhnyj G.A. Opredelenie skorosti plasticheskoj deformacii pri ispytanii na rastyazhenie // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. – 2014. – Т.80, №5. – P. 61–63.
2. Ickovich G.M. Soprotivlenie materialov. – М.: Vysshaya shkola, 2001. – 368 p.
3. Mahutov N.A. Deformacionnye kriterii razrusheniya i raschet ehlementov konstrukcij na prochnost. – М.: Mashinostroenie, 1981. – 274 p.
4. Nosov V.V., YAmilova A.R., Zelenskij N.A., Matviyan I.V. Ocenka prochnosti i resursa svarnyh konstrukcij na osnove mikromekhanicheskoy modeli akusticheskoy ehmissii pri staticheskom nagruzhении // Deformaciya i razrushenie materialov. – 2016. – №11. – P. 38–45.
5. Pustovoj V.N. Nekontaktnyj metod issledovaniya koncentracii napryazhenij v metallokonstrukciyah gruzopod»emnyh mashin: Ucheb. posobie. – М.: V/O «Mortekhinformreklama», 1991. – 48 p.
6. Krishtal M.M. EHvolyuciya temperaturnogo polya i makrolokalizaciya deformacii pri preryvistoj tekuchesti // Metallovedenie i termicheskaya obrabotka materialov. – 2003. – №4. – P. 27–32.
7. Pieczyska E.A., Gadaj S.P., Nowacki W.K. Temperature evolution during simple shear test of steel / Proceedings of Eurotherm Seminar // Quantitative infrared thermography 4, QIRT98, No. 60. – Lodz, Poland, 2000. – P. 112–116.
8. Pieczyska E.A., Gadaj S.P., Nowacki W.K. Rate of energy storage during consecutive deformation of steel / Proceedings of Eurotherm Seminar // Quantitative infrared thermography 5, QIRT2000, No. 64. – Reims, France, 2000. – P. 260–264.

9. Thompson (Lord Kelvin). On the Dynamical theory of heat // Transactions of the Royal Society of Edinburgh. – 1853. – Vol. 20. – P. 261–283.
10. Jordan E.H., Sandor B.I. // Journal of Testing Evaluation. JTEVA. – 1978. – Vol. 6, No. 6. – P. 325–331.
11. Mahutov N.A. Deformacionnye kriterii razrusheniya i rascheta ehlementov konstrukcij na prochnost. – M.: Mashinostroenie, 1981. – 272 p.
12. Novopashin M.D., Bochkarev L.I., Ivanov A.M. // Izvestiya SO AN SSSR. Ser. tekhn. Nauk. – 1989. – Vyp. 2. – P. 97–101.
13. Peterson R. Koehfficienty koncentracii napryazhenij. – M.: Mir, 1977. – 304 p.

**Lukin Evgeny Savvich**

Federal State Budgetary Institution of Science  
Institute of physical and technical problems of the North named by V.P. Larionov SB RAS  
philosophical doctor (technical science), head science worker  
677980, Russia, Yakutsk, Oktyabryskaya str., 1  
8 (411–2) 39–05–75  
lukin@iptpn.ysn.ru

## **МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ** **И ОБОРУДОВАНИЕ**

УДК 621.7.013

Н.В. КАНАТНИКОВ, А.А. ГУКОВ, П.А. КАНАТНИКОВА, А.С. ПАШМЕНТОВА

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ИНСТРУМЕНТА НА МАКСИМАЛЬНУЮ ТЕМПЕРАТУРУ, ВОЗНИКАЮЩУЮ В ПРОЦЕССЕ ОБРАБОТКИ КОНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС**

**Аннотация.** В работе приведены результаты экспериментального исследования температур, возникающих при резании конических зубчатых колес. Был использован метод измерения температуры по инфракрасному излучению. Для обработки данных использованы методы робастного планирования эксперимента и дисперсионного (ANOVA) анализа. Результаты показали значимость изменения геометрических параметров режущего инструмента (переднего и заднего угла резания и радиуса закругления вершины резца) на максимальные температуры. В исследуемом диапазоне изменения значений параметров, максимальное влияние на температуры оказывает радиус закругления вершины резца. Работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ для молодых ученых – кандидатов наук МК–107.2017.8.

**Ключевые слова:** обработка резанием, конические зубчатые колеса, температура резания, робастное планирование эксперимента, дисперсионный анализ

*Коллектив авторов выражает благодарность Совету по грантам Президента Российской Федерации поддерживавшему исследования Грантом Президента РФ для молодых ученых – кандидатов наук МК–107.2017.8.*

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Abuelnaga, A.M. Optimization methods for metal cutting //International Journal of Machine Tool Design and Research. – 1984. – Т. 24. – №. 1. – С. 11–18.;
2. Barker, T.B. Quality engineering by design: Taguchis philosophy //Quality Progress. – 1986. – Т. 19. – №. 12. – С. 32–42.
3. Chua, M. S. et al. Determination of optimal cutting conditions using design of experiments and optimization techniques //International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 1993. – Т. 33. – №. 2. – С. 297–305.
4. Kackar, R.N. Robust design: a cost-effective method for improving manufacturing processes //AT&T technical journal. – 1986. – Т. 65. – №. 2. – С. 39–50.
5. Montgomery, D.C. Statistical quality control. – New York: Wiley, 2009. – Т. 7.



6. Nian, C.Y. Optimization of turning operations with multiple performance characteristics //Journal of Materials Processing Technology. – 1999. – Т. 95. – №. 1–3. – С. 90–96.
7. Noori, H. The Taguchi methods: Achieving design and output quality //The Academy of Management Executive. – 1989. – Т. 3. – №. 4. – С. 322–326.
8. Peace, G.S. Taguchi methods: a hands-on approach. – Addison Wesley Publishing Company, 1993.
9. Ross, P.J. Taguchi Methods for Quality Engineering. – 1988.
10. Roy, R.K. A primer on the Taguchi method, competitive manufacturing series //New York. – 1990. – С. 7–80.
11. Taguchi, G., Taguchi methods: Orthogonal arrays and linear graphs: tools for quality engineering. – American Supplier Institute, 1987.
12. Taguchi, G. Quality engineering through design optimization //Quality Control, Robust Design, and the Taguchi Method. – Springer, Boston, MA, 1989. – С. 77–96.
13. Yang, W. H. Design optimization of cutting parameters for turning operations based on the Taguchi method //Journal of materials processing technology. – 1998. – Т. 84. – №. 1–3. – С. 122–129.
14. Zhou, C. An integrated system for selecting optimum cutting speeds and tool replacement times //International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 1992. – Т. 32. – №. 5. – С. 695–707.
15. Кушнер, В.С. Теория стружкообразования. / В. С. Кушнер, О. Ю. Бургонова. – Омск: Изд-во ОмГТУ. – 2011. – 176 с.

**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  
Тел.: + 7 (4862) 419895  
E-mail: NKanatnikov@yandex.ru

**Гуков Артем Андреевич**  
ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» г. Орел  
магистр кафедры «Программная инженерия»  
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95  
тел.: + 7 (4862) 419895  
e-mail: a.gukov123@gmail.com

**Канатникова Полина Андреевна**  
ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» г. Орел  
магистр кафедры «Программная инженерия»  
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95  
тел.: + 7 (4862) 419895  
e-mail: polinakanatnikova@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

---

N.V. KANATNIKOV, A.A. GUKOV, P.A. KANATNIKOVA, A.S. PASHMENTOVA

## **EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF GEOMETRIC PARAMETERS OF THE CUTTING PART OF THE TOOL ON THE MAXIMUM TEMPERATURE THAT ARISES IN THE PROCESS OF PROCESSING OF THE BEVEL GEAR WHEELS**

**Abstract.** *In this paper the results of an experimental study of the temperatures of bevel gears arising during cutting are presented. The method of measuring the temperature by infrared radiation was used. For the data processing methods of robust planning of the experiment and dispersion (ANOVA) analysis were used. The results showed the importance of changing the geometric parameters of the cutting tool (front and rear cutting angle and tip radius) to the maximum temperatures. In the investigated range of variation of the parameter values, the maximum influence on the temperature is exerted by the radius of curvature of the tip of the tool. This work was supported by the Presidential Grant for young scientists – Candidates of Sciences MK-107.2017.8.*

**Keywords:** *cutting of metals, gear wheels, hybrid modeling, prognostic modeling, finite element method, design and technological preparation of production*

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Abuelnaga A. M., El-Dardiry M. A. Optimization methods for metal cutting //International Journal of Machine Tool Design and Research. – 1984. – Т. 24. – №. 1. – С. 11–18.;
2. Barker T. B. Quality engineering by design: Taguchis philosophy //Quality Progress. – 1986. – Т. 19. – №. 12. – С. 32–42.

3. Chua M. S. et al. Determination of optimal cutting conditions using design of experiments and optimization techniques //International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 1993. – Т. 33. – №. 2. – С. 297–305.
4. Kackar R. N., Shoemaker A. C. Robust design: a cost-effective method for improving manufacturing processes //AT&T technical journal. – 1986. – Т. 65. – №. 2. – С. 39–50.
5. Montgomery D. C. Statistical quality control. – New York: Wiley, 2009. – Т. 7.
6. Nian C. Y., Yang W. H., Tarnг Y. S. Optimization of turning operations with multiple performance characteristics //Journal of Materials Processing Technology. – 1999. – Т. 95. – №. 1–3. – С. 90–96.
7. Noori H. The Taguchi methods: Achieving design and output quality //The Academy of Management Executive. – 1989. – Т. 3. – №. 4. – С. 322–326.
8. Peace G. S. Taguchi methods: a hands-on approach. – Addison Wesley Publishing Company, 1993.
9. Ross P. J. Taguchi Methods for Quality Engineering. – 1988.
10. Roy R. K. A primer on the Taguchi method, competitive manufacturing series //New York. – 1990. – С. 7–80.
11. Taguchi G., Konishi S. Taguchi methods: Orthogonal arrays and linear graphs: tools for quality engineering. – American Supplier Institute, 1987.
12. Taguchi G., Phadke M. S. Quality engineering through design optimization //Quality Control, Robust Design, and the Taguchi Method. – Springer, Boston, MA, 1989. – С. 77–96.
13. Yang W. H., Tarnг Y. S. Design optimization of cutting parameters for turning operations based on the Taguchi method //Journal of materials processing technology. – 1998. – Т. 84. – №. 1–3. – С. 122–129.
14. Zhou C., Wysk R. A. An integrated system for selecting optimum cutting speeds and tool replacement times //International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 1992. – Т. 32. – №. 5. – С. 695–707.
15. Kushner V. S., Burgonova O. Yu. Теория стружкообразования. / V. S. Kushner, O. Yu. Burgonova. – Omsk: OmGTU. – 2011. – 176 с.

**Kanatnikov Nikita Vladimirovich**

«OSU named after I.S. Turgenev» Orel  
Cand. of Tech. Sc., associate professor  
of the department «Design-technological maintenance  
of mechanical engineering productions»,  
302026, Orel, Komsomolskaya st., 95  
Ph.: + 7 (4862) 419895  
E-mail: NKanatnikov@yandex.ru

**Gukov Artem Andreevich**

«OSU named after I.S. Turgenev» Orel  
Master student of the department «Software engineering»  
302026, Orel, Komsomolskaya st., 95  
Ph.: + 7 (4862) 419895  
E-mail: a.gukov123@gmail.com

**Kanatnikova Polina Andreevna**

«OSU named after I.S. Turgenev» Orel  
Master student of the department «Software  
engineering»  
302026, Orel, Komsomolskaya st., 95  
Ph.: + 7 (4862) 419895  
E-mail: polinakanatnikova@yandex.ru

**Pashmentova Anna Sergeevna**

«OSU named after I.S. Turgenev» Orel  
PhD 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 621.9.08 + 62–503.55

В.Б. САМОЙЛОВ, Т.А. ОСИПОВ

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ УЧЕБНОГО ГРАВИРОВАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА МЕТОДАМИ ПРОГРАММНОЙ КОРРЕКЦИИ

**Аннотация.** В работе выполнен анализ возникновения погрешностей основных параметров объемной геометрической точности оборудования – плоскостности стола станка, прямолинейности движения портала шпиндельной бабки и точности ее позиционирования. Исследованы причины, вызывающие данные ошибки, проведены измерения указанных характеристик. Показано, что поддерживать работоспособное состояние объекта исследования возможно, как путем проведения стандартных мероприятий по реновации узлов трения в направляющих, так и программной коррекцией с использованием числового программного управления станком. Проведены эксперименты с применением оригинальных измерительных систем и соответствующего программного обеспечения в автоматизированном режиме, позволившие создать геометрический образ рабочего объема станка с картой погрешностей, которые возможно компенсировать программным способом при обработке детали на станке.

**Ключевые слова:** точность, объемная точность, программная коррекция.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пушков, Р.Л. Проблемы компенсации погрешностей перемещений в современных системах ЧПУ / Р.Л. Пушков, С.В. Евстафиева, Е.В. Саламатин. // XII всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ–2014 – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 2014. С. 4645–4655.
2. Кольцов, А. Г. Методы компенсаций погрешностей станков с ЧПУ / А. Г. Кольцов // Омский научный вестник. – 2014. – № 1 (127). – С. 100–102.
3. U. Mutilba, Gomez Acedo La compensación volumétrica de los errores geométricos en máquinas-herramienta 13/06/2016 <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/158159-La-compensacion-volumetrica-de-los-errores-geometricos-en-maquinas-herramienta.html>
4. Laseraxe Mini 3 Axis USB Desktop CNC Router Wood PCB Milling Engraving Machine Kit [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.laseraxe-customize.com/online-store/Laseraxe-Mini-3-Axis-USB-Desktop-CNC-Router-Wood-PCB-Milling-Engraving-Machine-Kit-p105357133>. (27.05.2018)
5. ГОСТ 8–82. Станки металлорежущие. Общие требования к испытаниям на точность. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 14 с.
6. ГОСТ Р ИСО 230–1–2010. Испытания станков. Часть 1. Методы измерения геометрических параметров. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 90 с.
7. SO/TR 230–9:2005 Test code for machine tools – Part 9: Estimation of measurement uncertainty for machine tool tests according to series ISO 230, basic equations s.32 // ISO copyright office. – 2005.
8. Accuracy for Machines [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.afm-tec.com/>. (10.05.2018)
9. Geometric error measurement and compensation of machines / H. Schwenke, W. Knapp, H. Haitjema et al.// An update. CIRP Annals – Manufacturing Technology, Vol. 57, 2008, P. 660–675
10. Бикубическая интерполяция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/бикубическая\\_интерполяция](https://ru.wikipedia.org/wiki/бикубическая_интерполяция). (3.06.2018)
11. ГОСТ ISO/TR 16907–2017 Станки металлорежущие. Коррекция геометрических погрешностей с помощью ЧПУ.

### Самойлов Владимир Борисович

ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н.Э. Баумана», г. Москва  
Кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Технологии обработки материалов»  
105005, г. Москва, 2–я Бауманская ул., д.5, стр.1  
Тел. 8(499)2670236, 8(903)5920661  
E-mail: samoylov.v@bmstu.ru

### Осипов Тимофей Алексеевич

ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н.Э. Баумана», г. Москва  
Магистр кафедры  
«Технологии обработки материалов»  
105005, г. Москва, 2–я Бауманская ул., д.5, стр.1  
Тел. 8(499)2670236  
E-mail: t.osipov@bk.ru

V.B. SAMOYLOV, T.A. OSIPOV

## RENOVATION OF VOLUME GEOMETRIC ACCURACY OF EDUCATIONAL GRAVING–MILLING MACHINE BY METHODS OF SOFTWARE CORRECTION

**Abstract.** *The analysis of errors in the basic parameters of the geometric accuracy of the equipment – the flatness of the table of the machine, the straightness of the movement of the spindle head portal and the accuracy of its positioning are analyzed. The reasons causing these errors are investigated, and the indicated characteristics are measured. It is shown that it is possible to maintain the operational state of the research object both by carrying out standard measures for renovating the friction units in the guides and by program correction using the numerical program control of the machine. Experiments were carried out with the use of original measuring systems and corresponding software in an automated mode, which made it possible to create a geometric image of the working volume of the machine with a map of errors that can be compensated programmatically by machining a part on a machine.*

**Keywords:** *accuracy, volumetric accuracy, software correction.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Pushkov, R.L. Problemy kompensacii pogreshnostej peremeshchenij v sovremennyh sistemah CHPU / R.L. Pushkov, S.V. Evstafieva, E.V. Salamatina. // XII vserossijskoe soveshchanie po problemam upravleniya VSPU–2014 – M.: Institut problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova RAN. 2014. S. 4645–4655.

2. Kolcov A. G., Samojlov V.S. Metody kompensacij pogreshnostej stankov s CHPU / A. G. Kolcov // Omskij nauchnyj vestnik. – 2014. – № 1 (127). – S. 100–102.
3. U. Mutilba, Acedo La compensación volumétrica de los errores geométricos en máquinas-herramienta 13/06/2016
4. Laseraxe Mini 3 Axis USB Desktop CNC Router Wood PCB Milling Engraving Machine Kit [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: URL: <https://www.laseraxe-customize.com/online-store/Laseraxe-Mini-3-Axis-USB-Desktop-CNC-Router-Wood-PCB-Milling-Engraving-Machine-Kit-p105357133>. (27.05.2018)
5. GOST 8–82. Stanki metallovezhushchie. Obschie trebovaniya k ispytaniyam na tochnost. – M.: Izd-vo standartov, 1982. – 14 s.
6. GOST R ISO 230–1–2010. Ispytaniya stankov. CHast 1. Metody izmereniya geometricheskikh parametrov. – M.: Izd-vo standartov, 2011. – 90 s.
7. SO/TR 230–9:2005 Test code for machine tools – Part 9: Estimation of measurement uncertainty for machine tool tests according to series ISO 230, basic equations s.32 // ISO copyright office. – 2005.
8. Accuracy for Machines [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: URL: <http://www.afm-tec.com/>. (10.05.2018)
9. Geometric error measurement and compensation of machines / H. Schwenke, W. Knapp, H. Haitjema et al. // An update. CIRP Annals – Manufacturing Technology, Vol. 57, 2008, P. 660–675
10. Bikubicheskaya interpolyaciya [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/bikubicheskaya\\_interpolyaciya](https://ru.wikipedia.org/wiki/bikubicheskaya_interpolyaciya). (3.06.2018)
11. GOST ISO / TR 16907–2017 Stanki metallovezhushchiye. Korrektsiya geometricheskikh pogreshnostej s pomoshchyu CHPU.

**Samoylov Vladimir Borisovich**

Bauman Moscow State Technical University  
Ph.D, Associate Professor of the department  
«Materials processing technologies»  
ul. Baumanskaya 2–ya, 5, Moscow  
Tel. 8(499)2670236, 8(903)5920661  
E-mail: samoylov.v@bmstu.ru

**Osipov Timofei Alekseevich**

Bauman Moscow State Technical University  
Master of the department  
«Materials processing technologies»  
ul. Baumanskaya 2–ya, 5, Moscow  
Tel. 8(499)2670236  
E-mail: [t.osipov@bk.ru](mailto:t.osipov@bk.ru)

УДК 621.744.4

А.А. ШАТУЛЬСКИЙ, А.В. ГОЛУБЕНЦЕВ

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОТВЕТСТВЕННЫХ ОТЛИВОК ГТУ НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

**Аннотация.** Установлено, что причиной усталостного разрушения рабочих лопаток ГТУ является неудовлетворительное состояние макро и микроструктуры, получаемой в процессе литья и термической обработки. Предложены методики выбора технологических параметров литья и режима термической обработки, позволяющие повысить усталостные свойства отливок.

**Ключевые слова:** никелевые жаропрочные сплавы, лопатки ГТУ, параметры литья, поверхностное модифицирование, термовременные параметры термической обработки

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шатульский, А.А. Проектирование литниковых систем для отливок из никелевых сплавов / Шатульский А.А., Изотов В.А.– М.:Спутник+.– 2016.– 124 с.
2. Шатульский, А.А. Повышение выносливости рабочих лопаток газотурбинных двигателей на основе совершенствования технологии литья / А.А. Шатульский, А.В. Голубенцев // Заготовительные производства в машиностроении. –2015. – № 6.– С. 3–6.
3. Голубенцев, А.В. Совершенствование режимов термической обработки рабочих лопаток ГТД из сплава ЧС88 / Голубенцев А.В., Шатульский А.А // Вестник РГАТУ им. П.А. Соловьева.– №1 (32). –2015.– С. 99–104.

**Шатульский Александр Анатольевич**

П. А. Соловьев, Рыбинский государственный  
авиационный технический университет

**Голубенцев Артем Валерьевич**

П. А. Соловьев, Рыбинский государственный  
авиационный технический университет

Доктор технических наук. Наук, профессор,  
заведующий отделом материалов, литейного  
производства, сварки Рыбинск, Пушкина, 53  
Телефон (4855) 280479  
E-mail: shatulsky@rgata.ru

главный инженер, начальник отдела  
материаловедения, литейного производства, сварки  
Рыбинск, Пушкина, 53  
Телефон (4855) 280479  
E-mail: shatulsky@rgata.ru

---

A.A. SHATULSKY, A.V. GOLUBENTSEV

## **IMPROVING THE RELIABILITY AND DURABILITY OF RESPONSIBLE CASTINGS OF THE GAS TURBINE BY ADVANCEMENT OF CASTING TECHNOLOGY AND HEAT TREATMENT**

**Abstract.** *It is established that the cause of fatigue distress of the rotor blades of gas turbines is the poor state of macro and microstructure, which is obtained in the casting process and heat treatment. Proposed methods of choice of technological parameters of molding and a mode of thermal treatment are allowed to increase fatigue properties of castings.*

**Keywords:** *Nickel superalloys, the blades of the gas turbine, the casting parameters, surface modification, thermoremanence parameters of thermal treatment.*

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Shatulsky, A.A. Proektirovanie litnikovyykh system dlya otlivok iz nikelevykh splavov / Shatulsky A.A., Izotov V.A // – Sputnik+/-2016. – 124 s.
2. Shatulsky, A.A. Povyshenie vynoslivosti rabochikh lopatok gazoturbinnnykh dvigateley na osnove sovershenstvovaniya tehnologii litya / Shatulsky, A.A, Golubenzev A.V. // Zagotovitelnye proizvodstva v mashinostroenii.–2015.–№6.– S.3–6.
3. Golubenzev A.V. Sovershenstvovanie rezhimov termicheskoy obrabotki rabochikh lopatok GTD iz splava CHS88 / Golubenzev A.V, Shatulsky, A.A. // Vestnik RGATU im. P.A.Solovieva.–№1 (32).–2015.–S. 99–104.

#### **Shatulsky Aleksandr Anatolevich**

P.A.Soloviev, Rybinsk State Aviation Technical  
University  
Doctor of Techn. Sciences, Full professor, Head of  
department of Material, Foundry, Welding Rybinsk,  
Pushkina, 53  
Tel. (4855) 280479  
E-mail: shatulsky@rgata.ru

#### **Golubenzev Artem Valerievich**

P.A.Soloviev, Rybinsk State Aviation Technical  
University  
principal engineer, Head of department of Material,  
Foundry, Welding Rybinsk, Pushkina, 53  
Tel. (4855) 280479  
E-mail: shatulsky@rgata.ru

УДК 62–122.83

Ю.Л. РАПАЦКИЙ, В.Я. КОПП, В.М. ЛИПКА

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ СБОРКИ С ГИБКОЙ СТРУКТУРОЙ**

**Аннотация.** *Исследуется проблема недостаточной надежности процесса автоматизированной сборки сложных изделий машиностроения (ИМ). Предлагается использовать гибкую структуру автоматизированной линии сборки, позволяющую повысить надежность и производительность сборочного процесса. Для оценки эффективности автоматизированной сборочной линии с гибкой структурой построена полумарковская математическая модель. Полученные результаты могут быть применены для повышения производительности автоматизированных линий сборки сложных ИМ путем введения структурной гибкости.*

**Ключевые слова:** *автоматизированная сборка, надежность сборочного процесса, автоматизированная линия сборки, резьбовое соединение*

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1.Технология автоматической сборки/ А.Г. Холодкова, М.Г. Кристаль, Б.Л. Штриков и др., Под ред. А.Г. Холодковой. – М.: Машиностроение, 2010. – 560 с.
2. Липка, В.М. Анализ результатов производственного эксперимента по контролю качества резьбовых



деталей, применяемых для сборки силовых агрегатов автомобилей / В.М. Липка, В.Я. Копп, Ю.Л. Рапацкий // Вестник СевНТУ. Сер. Машиностроение и транспорт: сбор.науч. трудов – Севастополь, изд–во СевНТУ, 2013 – Вып. 140.– С. 58–62.

3. Липка, В.М. Выбор и исследование рациональной структуры гибкой автоматизированной линии сборки силовых агрегатов на Мелитопольском моторном заводе / В.М. Липка, В.Я. Копп, Ю.Л. Рапацкий. – Вестник Кременчугского Национального Университета им. Михаила Остроградского. – Вып. 1, 2014 –С. 112–118.

4. Tolio, T. Design of Flexible Production Systems: Methodologie sand Tools. – Berlin: Springer, 2009. – 352 с.

5. Копп, В.Я. Моделирование автоматизированных линий / В.Я Копп, Ю.Е. Обжерин, И.В Ольшанская, А.И. Песчанский. – Севастополь: СевНТУ, 2009. – 212 с.

6. Копп, В.Я. Моделирование перенастраиваемых автоматизированных производственных систем / В.Я. Копп, Ю.Е. Обжерин, А.И. Песчанский и др.– Севастополь: Изд–во СевНТУ, 2007. – 232 с

7. Копп, В.Я. Моделирование автоматизированных производственных систем: монография. — Севастополь: СевНТУ, 2012. — 700 с.

8. Копп, В.Я. Модель асинхронной автоматизированной линии с обратными связями, обусловленными количеством постов контроля /В.Я.Копп, А.И. Балакин //Projektowanic i automatyzacjaprosesowprodukcyjnych; Red. A. Swic. – Lublin: WydawnictwaUczelnianePolitechnikiLubelskiej, 2005. – P.31–37.

9. Гибкие производственные системы сборки / П.И. Алексеев, А.Г. Герасимов, Э.П. Давыденко и др.; Под ред. А.И. Федотова. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд–ние, 1989. – 349 с.

10. Ямпольский, Л.С. Гибкие компьютеризированные системы: проектирование, моделирование и управление / Л.С. Ямпольский, П.П. Мельничук, Б.Б. Самотокин и др. – Житомир: ЖДТУ, 2005. – 680 с.

11. Лищинский, Л.Ю. Структурный и параметрический синтез гибких производственных систем /Л.Ю. Лищинский. – М.: Машиностроение, 1990. – 312 с.

12.Копп, В.Я. Определение эффективности использования методики оптимизации перенастраиваемых автоматизированных производственных систем при ограниченной сумме вкладываемых средств / В.Я. Копп, О.П. Чуб, С.Н. Фисун // Вестник Национального технического университета «ХПИ»: Сб. науч. тр. Тематический выпуск: новые решения в современных технологиях. — Харьков: НТУ «ХПИ» — 2011. — №43 — С.106 — 115.

13. Меткин, Н.П. Технологическая подготовка гибких автоматизированных сборочно–монтажных производств в машиностроении / Н.П. Меткин, М.С. Лапин, В.И. Гольц. – Л.: Машиностроение, 1988. – 192с.

14. Суслов, А.Г. Научные основы технологии машиностроения / А.Г. Суслов, А.М. Дальский// М.: Машиностроение, 2002. — 684 с.

15. Суслов, А.Г. Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей и их соединений. / А.Г. Суслов, В.П. Федоров, О.А. Горленко и др. Под общ. ред. А.Г. Суслова. —М.: Машиностроение, 2006. — 448 с.

**Рапацкий Юрий Леонидович,**  
ФГАОУ ВО «Севастопольский  
государственный университет»  
299053 г. Севастополь  
ул. Университетская,33  
канд. техн. наук, доц., директор  
Центра оценки качества  
образования  
u.l.rapatskiy@mail.ru.

**Копп Вадим Яковлевич,**  
ФГАОУ ВО «Севастопольский  
государственный университет»  
299053 г. Севастополь  
ул. Университетская,33  
доктор техн.наук, проф.  
v\_kopp@mail.ru

**Липка Виктория Михайловна**  
Филиал ФГБОУ ВО  
«ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова» в г.  
Севастополь,  
магистр, ст. преподаватель,  
аспирант,  
299001 г. Севастополь  
ул. Героев Севастополя,7  
lipka.vita@yandex.ru,

Yu.L. RAPATSKIY, V.Ya. KOPP, V.M. LYPKA

## RESEARCH AND SIMULATION OF AUTOMATED ASSEMBLING LINE WITH FLEXIBLE STRUCTURE

**Abstract.** *The problem of insufficient reliability of the process of automated assembly of complex engineering products (MI) is investigated. It is proposed to use the flexible structure of the automated assembly line, which allows increasing the reliability and productivity of the assembly process. To evaluate the efficiency of an automated assembly line with a flexible structure, a semi-Markov mathematical model is constructed. The obtained results can be applied to increase the productivity of automated lines of assembly of complex MIs by introducing structural flexibility.*

**Keywords:** *automated assembly, reliability of assembly process, automated assembly line, threaded connection.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Tekhnologiya avtomaticheskoy sborki / A.G. Kholodkova, M.G. Kristal, B.L. Shtrikov i dr., Pod red. A.G. Kholodkovoy. – M.: Mashinostroyeniye, 2010. – 560 s.
2. Lipka, V.M. Analiz rezultatov proizvodstvennogo eksperimenta po kontrolyu kachestva rezbovykh detaley, primenyayemykh dlya sborki silovykh agregatov avtomobiley / V.M. Lipka, V.YA. Kopp, YU.L. Rapatskiy // Vestnik SevNTU. Ser. Mashinostroyeniye i transport: sbor.nauch. trudov – Sevastopol, izd–vo SevNTU, 2013 – Vyp. 140.– S. 58–62.
3. Lipka, V.M. Vybor i issledovaniye ratsionalnoy struktury gibkoy avtomatizirovannoy linii sborki silovykh agregatov na Melitopolskom motornom zavode / V.M. Lipka, V.YA. Kopp, YU.L. Rapatskiy. – Vestnik Kremenchugskogo Natsionalnogo Universiteta im. Mikhaila Ostrogradskogo. – Vyp. 1, 2014 –S. 112–118.
4. Tolio, T. Design of Flexible Production Systems: Methodologie sand Tools. – Berlin: Springer, 2009. – 352 s.
5. Kopp, V.YA. Modelirovaniye avtomatizirovannykh liniy / V.YA Kopp, YU.Ye. Obzherin, I.V Olshanskaya, A.I. Peschanskiy. – Sevastopol: SevNTU, 2009. – 212 s.
6. Kopp, V.YA. Modelirovaniye perenalazhivayemykh avtomatizirovannykh proizvodstvennykh sistem / V.YA. Kopp, YU.Ye. Obzherin, A.I. Peschanskiy i dr.– Sevastopol: Izd–vo SevNTU, 2007. – 232 s
7. Kopp, V.YA. Modelirovaniye avtomatizirovannykh proizvodstvennykh sistem: monografiya. — Sevastopol: SevNTU, 2012. — 700 s.
8. Kopp, V.YA. Model asinkhronnoy avtomatizirovannoy linii s obratnymi svyazyami, obuslovlennymi kolichestvom postov kontrolya /V.YA.Kopp, A.I. Balakin //Projektovaniye i avtomatyzacjaprosesowprodukcijnykh; Red. A. Swic. – Lublin: WydawnictwaUczelnianePolitechnikiLubelskiej, 2005. – R.31–37.
9. Gibkiye proizvodstvennyye sistemy sborki / P.I. Alekseyev, A.G. Gerasimov, E.P. Davydenko i dr.; Pod red. A.I. Fedotova. – L.: Mashinostroyeniye. Leningr. otd–niye, 1989. – 349 s.
10. Yampolskiy, L.S. Gibkiye kompyuterizirovannyye sistemy: proyektirovaniye, modelirovaniye i upravleniye / L.S. Yampolskiy, P.P. Melnichuk, B.B. Samotokin i dr. – Zhitomir: ZHDTU, 2005. – 680 s.
11. Lishchinskiy, L.YU. Strukturnyy i parametricheskyy sintez gibkikh proizvodstvennykh sistem /L.YU. Lishchinskiy. – M.: Mashinostroyeniye, 1990. – 312 s.
12. Kopp, V.YA. Opredeleniye effektivnosti ispolzovaniya metodiki optimizatsii perenalazhivayemykh avtomatizirovannykh proizvodstvennykh sistem pri ogranichennoy summe vkladyvayemykh sredstv / V.YA. Kopp, O.P. Chub, S.N. Fisun // Vestnik Natsionalnogo tekhnicheskogo universiteta «KHPI»: Sb. nauch. tr. Tematicheskyy vypusk: novyye resheniya v sovremennykh tekhnologiyakh. — Kharkov: NTU «KHPI» — 2011. — №43 — S.106 – 115.
13. Metkin, N.P. Tekhnologicheskaya podgotovka gibkikh avtomatizirovannykh sborochno–montazhnykh proizvodstv v mashinostroyenii / N.P. Metkin, M.S. Lapin, V.I. Golts. – L.: Mashinostroyeniye, 1988. – 192s.
14. Suslov, A.G. Nauchnyye osnovy tekhnologii mashinostroyeniya / A.G. Suslov, A.M. Dalskiy// M.: Mashinostroyeniye, 2002. — 684 s.
15. Suslov, A.G. Tekhnologicheskoye obespecheniye i povysheniye ekspluatatsionnykh svoystv detaley i ikh soyedineniy. / A.G. Suslov, V.P, Fedorov, O.A. Gorlenko i dr. Pod obshch. red. A.G. Suslova. – M.: Mashinostroyeniye, 2006. — 448 s.

**Rapatskiy Yuri Leonidovich**

Sevastopol State University, Director of the Center for Educational Quality Assessment, Associate Professor of Chair «Instrumentation systems and automation of technological processes» 299053 Sevastopol, 33, University street +7(978)7679650 u.l.rapatskiy@mail.ru.

**Kopp VadimYakovlevich**

Sevastopol State University, Doctor of Technical Sciences, Professor of Chair «Instrumentation systems and automation of technological processes» 299053 Sevastopol, 33, University street v.kopp@mail.ru.

**Lypka Victoria Mikhailovna**

Postgraduate student, Chair of Technology of Mechanical Engineering, Polytechnic Institute, Sevastopol State University Senior Lecturer, Philal FGBOU VO “State Maritime University named after Admiral F.F. Ushakov” in the city of Sevastopol 299001 Sevastopol, 7 Heroes of Sevastopol street +7(978)7673271 lipka.vita@yandex.ru

УДК 621.9

Е.М. СЕЛЕМЕНЕВА, Л.И. ГУБАРЕВА, А.А. ЧЕРЕПЕНЬКО

## ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫХ НАГРУЗКАХ

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы повышения износостойкости рабочих поверхностей в режимах нестационарного нагружения. Установлено, что под воздействием циклических механических и тепловых нагрузок в процессе эксплуатации они изменяют геометрические размеры (изгибаются). Отмечено, что это приводит к значительной неэквидистантности гладильных плоскостей, возникают напряжения приводящие к деформации поверхности.

**Ключевые слова:** поверхность, напряжения, температура, технология.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эффективные способы и технологические процессы внутрипроцессной влажно –тепловой обработки деталей швейных изделий / Болотских Д.И., Черепенько А.А., Черепенько А.П. // «Швейная промышленность». 2009. № 3. с. 45–46.
2. Эффективные способы и технологические процессы внутрипроцессной влажно –тепловой обработки деталей швейных изделий / Болотских Д.И., Черепенько А.А., Черепенько А.П. // «Швейная промышленность». 2009. № 6. С. 22.
3. Аналитические исследования геометрии рабочей поверхности гладильной подушки после изгиба в процессе эксплуатации / Черепенько А.А., Черепенько А.П., Жаворонков А.И. // «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии». 2013. № 5 (301). с. 115–121.
4. Аналитические исследования процесса изгиба рабочей поверхности гладильной подушки / Черепенько А.А., Черепенько А.П., Жаворонков А.И. // «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии». 2013. № 6 (302). с. 89–99.

**Селеменова Елена Михайловна**  
ФГБОУ ВО ОГУ имени И.С.  
Тургенева, г.Орел  
Студентка кафедры «Технология и  
предпринимательство»  
Тел 89102036687,  
E-mail: selemenevae@mail.ru

**Губарева Людмила Ивановна**  
ФГБОУ ВО ОГУ имени И.С.  
Тургенева, г.Орел  
Кандидат педагогических наук,  
доцент кафедры  
«Профессионального обучения и  
бизнеса»  
Тел 89102676005,  
E-mail: gubareva16@yandex.ru

**Черепенько Аркадий Анатольевич**  
ФГБОУ ВО ОГУ имени И.С.  
Тургенева, г.Орел  
Доктор технических наук, профессор  
кафедры «Машиностроения»  
Тел 89107486625,  
E-mail: arkan@nxt.ru

E.M. SELEEMENEVA, L.I. GUBAREVA, A.A. CHEREPENKO

## INCREASE OF WEAR-RESISTANCE OF WORKING SURFACES OF IRONING PILLOWS WITH SIGNIFICANT LOADS

**Abstract.** In the article the questions of increase of wear resistance of working surfaces of ironing pads in modes of non-stationary loading are considered. It is established that under the influence of cyclic mechanical and thermal loads in the process of operation they change the geometric dimensions (bend). It is noted that this leads to considerable non-equidistance of the ironing planes, stresses leading to deformation of the surface arise.

**Keywords:** cushion surfaces, stresses, temperature, technology.

1. Effective methods and technological processes of in-process wet-heat treatment of parts of garments // Bolotskikh D.I., Cherepenko A.A., Cherepenko A.P. «Sewing Industry». 2009. № 3. With. 45–46.
2. Effective methods and technological processes of in-process wet-heat treatment of parts of garments // Bolotskikh D.I., Cherepenko A.A., Cherepenko A.P. «Sewing Industry». 2009. № 6. P. 22.
3. Analytical studies of the geometry of the working surface of the ironing pad after bending during operation. // Cherepenko A.A., Cherepenko A.P., Zhavoronkov A.I. «Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology». 2013. No. 5 (301). from. 115–121.
4. Analytical studies of the process of bending the working surface of an ironing pad Cherepenko A.A., Cherepenko A.P., Zhavoronkov A.I. «Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology». 2013. No. 6 (302). from. 89–99.

**Selemeneva Elena Mikhailovna**  
FGBOU IN OSU named after I.S.

**Gubareva Lyudmila Ivanovna**  
FGBOU IN OSU named after I.S.

**Cherepenko Arkady Anatolyevich**  
FGBOU IN OSU named after I.S.

Turgenev, the city of Orel  
Student of the department  
«Technology and Entrepreneurship»  
Tel 89102036687,  
E-mail: selemenevae@mail.ru

Turgenev, the city of Orel  
Candidate of Pedagogical Sciences,  
Associate Professor of the  
Department of «Professional Training  
and Business»  
Phone 89102676005,  
E-mail: gubareva16@yandex.ru

Turgenev, the city of Orel  
Doctor of Technical Sciences,  
Professor of the Department of  
«Machine Building»  
Tel 89107486625,  
E-mail: arkan@nxt.ru

УДК 621.91.01

А.В. КИРЕЙНОВ, В.Б. ЕСОВ

## ВЛИЯНИЕ ПОЛУСИНТЕТИЧЕСКОЙ СОЖ С МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИМИ ПРИСАДКАМИ НА ИЗНОС ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ТОЧЕНИИ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ 12Х18Н10Т

**Аннотация.** В работе представлены результаты проведения эксперимента при точении заготовок из коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т режущими пластинами из твердого сплава с использованием смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), модифицированной металлоорганическими присадками на основе меди. При использовании экспериментальной СОЖ зафиксировано уменьшение износа по вспомогательной задней поверхности по сравнению с использованием базовой СОЖ. Методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) исследованы рабочие поверхности режущих пластин.

**Ключевые слова:** резание металлов, коррозионностойкие стали, смазочно-охлаждающие технологические средства, смазочно-охлаждающие жидкости, присадки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энтелис, С.Г. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием. Москва, Машиностроение, 1986, 351 с.
2. M'Saoubi, R. High performance cutting of advanced aerospace alloys and composite materials. CIRP Annals - Manufacturing Technology; 2015, vol. 64, issue 2, pp. 557-580.
3. Подураев, В. Н. Резание труднообрабатываемых материалов, М. «Высш. школа», 1974.
4. Кирейнов, А.В. Современные тенденции применения СОТС при высокопроизводительной лезвийной обработке труднообрабатываемых материалов, Инженерный журнал: Наука и инновации, № 2 (62), 2017.

**Кирейнов Алексей Валерьевич**  
МГТУ им. Н.Э. Баумана  
аспирант каф. МТ-13 «Технологии обработки  
материалов» МГТУ им. Н.Э. Баумана.  
105005, г.Москва, ул. 2-я Бауманская 5, стр.1  
8-915-474-58-83  
E-mail: alexkireinov@gmail.com

**Есов Валерий Балахметович**  
МГТУ им. Н.Э. Баумана  
к.т.н., доцент каф. МТ-13 «Технологии обработки  
материалов» МГТУ им. Н.Э. Баумана.  
105005, г.Москва, ул. 2-я Бауманская 5, стр.1  
8-916-590-50-26  
E-mail: esov@bmstu.ru

---

A.V. KIREINOV, V.B. ESOV

## THE INFLUENCE OF SEMI-SYNTHETIC CUTTING FLUID WITH ORGANOMETALLIC ADDITIVES ON TOOL WEAR IN TURNING OF STAINLESS STEEL 12H18N10T

**Abstract.** This paper presents the results of an experiment with turning workpieces made of stainless steel 12H18N10T by carbide tool using cutting fluid, modified by organometallic additives based on copper. It is found that experimental cutting fluid can reduce the tool wear when compared to the base cutting fluid. Working surfaces of cutting tool were investigated by scanning electron microscopy (SEM).

**Keywords:** cutting, stainless steel, cutting fluid, additives.

### BIBLIOGRAPHY

1. Jentelis, S.G. Smazochno-ohlazhdajushhie tehnologicheskie sredstva dlja obrabotki metallov rezaniem [Cutting fluids for metal cutting]. Moskva, Mashinostroenie, 1986, 351 p.

2. M'Saoubi, R. High performance cutting of advanced aerospace alloys and composite materials. CIRP Annals - Manufacturing Technology; 2015, vol. 64, issue 2, pp. 557-580.
3. Poduraev, V. N. Rezanie trudnoobrabatyvaemykh materialov, M. «Vyssh. shkola», 1974.
4. Kirejnov, A.V. Sovremennye tendencii primeneniya SOTS pri vysokoproizvoditel'noj lezviyjnoj obrabotke trudnoobrabatyvaemykh materialov, Inzhenernyj zhurnal: Nauka i innovacii, № 2 (62), 2017.

**Kireinov Aleksey Valerievich**  
Bauman Moscow State Technical University,  
postgraduate,  
Material Processing Technology Department, Bauman  
Moscow State Technical University.  
105005, g. Moskva, ul. 2-ya Baumanskaya 5, str.1  
Ph: 8-915-474-58-83  
E-mail: alexkireinov@gmail.com

**Esov Valeriy Balahmetovich**  
Bauman Moscow State Technical University, Moscow  
Cand. Sci. (Engineering)  
Material Processing Technology Department, Bauman  
Moscow State Technical University.  
105005, g. Moskva, ul. 2-ya Baumanskaya 5, str.1  
Ph: 8-916-590-50-26  
E-mail: esov@bmstu.ru

## МАШИНОВЕДЕНИЕ И МЕХАТРОНИКА

УДК 621.311.24

Р.Н. ПОЛЯКОВ, П.И. РЫЖЕНКО

### ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ВЕТРОГЕНЕРАТОР С АДАПТИВНО ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ МОМЕНТОМ ИНЕРЦИИ

**Аннотация.** В статье рассматриваются базовые принципы функционирования ветрогенератора с адаптивно изменяющимся моментом инерции, который позволяет повысить энергоэффективность и целесообразность использования ветроэлектрической установки (ВЭУ) в качестве альтернативного источника энергии. Механизм работы ветрогенератора предполагает работу с меньшим моментом инерции при малых скоростях ветра и работу в режиме маховика при больших ветровых нагрузках, что также снижает порог срабатывания ветрогенератора по скорости ветра и открывает перспективы установки ветряных электростанций в регионах с небольшими среднегодовыми скоростями ветра. Описывается принципиальная возможность использования элементов механизма изменения инерции в качестве автобалансирующего устройства, что, в свою очередь, позволяет снижать динамические нагрузки на конструкцию ВЭУ в целом.

**Ключевые слова:** альтернативная энергетика, ветрогенератор, адаптивный момент инерции, самобалансировка, равномерность вращения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. APREN (2016), <http://www.apren.pt/pt/>, accessed 15 December 2016.
2. IRENA (2017), REmap 2030 Renewable Energy Prospects for Russian Federation, Working paper, IRENA, Abu Dhabi. [www.irena.org\\_remap](http://www.irena.org/remap).
3. WWEA (World Wind Energy Association) (2012), Wind Power Status in the CIS Countries, WWEA, Bonn.
4. Попель, О.С., Фортов В.Е., Возобновляемая энергетика в современном мире, Издательский дом, Москва, 2015.
5. Reon: ОАО «Конструкторское бюро» Дисплей»: Энергия ветра: Вертикальные ветрогенераторы – URL: <http://reon.by/index.php/ob-energetike/energiya-vetra/80-001>. Дата обращения: 3.02.2018.
6. Pat. WO 2004/011801 A1 WIPO, A03B 9/02. WIND TURBINE WITH BLADES OF VARIABLE INERTIA /Bankuta, Attila. 31.07.2002.
7. Луговский, В.В. Динамика моря. Л., Судостроение, 200 с., 1976.

**Поляков Роман Николаевич**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел  
Доктор технических наук, доцент кафедры  
«Мехатроника, механика и робототехника»  
302009, г. Орёл, ул. Гайдара, д. 48, кв. 152  
Тел.: 89038819381  
E-mail: romanpolak@mail.ru

**Рыженко Павел Игоревич**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел  
Аспирант  
302028, г. Орёл, ул. Бульвар Победы, д. 5, кв. 37  
Тел.: 89536173365  
E-mail: wesstnik@yandex.ru



R.N. POLYAKOV, P.I. RYZHENKO

## ENERGY EFFICIENT WIND TURBINE WITH ADAPTLY VARIABLES INERTIA

**Abstract.** *The article deals with the basic principles of the functioning of a wind generator with an adaptively changing moment of inertia, which makes it possible to increase the energy efficiency and expediency of using a wind power plant (VEU) as an alternative energy source. The mechanism of operation of the wind generator assumes work with a smaller moment of inertia at low wind speeds and operation in the flywheel mode with large wind loads, which also reduces the threshold of operation of the wind generator by wind speed and opens the prospect of installing wind power stations in regions with small average annual wind speeds. The principal possibility of using the elements of the inertia change mechanism as an auto-balancing device is described, which, in turn, makes it possible to reduce the dynamic loads on the design of the wind turbine as a whole.*

**Keywords:** *alternative energy, wind turbine, adaptive the moment of inertia, self-balancing, the uniformity of rotation.*

### BIBLIOGRAPHY

1. APREN (2016), <http://www.apren.pt/pt/>, accessed 15 December 2016.
2. IRENA (2017), REmap 2030 Renewable Energy Prospects for Russian Federation, Working paper, IRENA, Abu Dhabi. [www.irena.org/remap](http://www.irena.org/remap).
3. WWEA (World Wind Energy Association) (2012), Wind Power Status in the CIS Countries, WWEA, Bonn.
4. Popel O.S., Fortov V.E., *Vozobnovlyаемая энергетика в современном мире*, Izdatelskiy dom MEI, Moskva, 2015.
5. Reon: OAO «Konstruktorskoe buro» Display, *Energiya vetra: Vertikalnie vetrogeneratory ветрогенераторы* – URL: <http://reon.by/index.php/ob-energetike/energiya-vetra/80-001>. Data obrasheniya: 3.02.2018.
6. Pat. WO 2004/011801 A1 WIPO, A03B 9/02. WIND TURBINE WITH BLADES OF VARIABLE INERTIA /Bankuta, Attila. 31.07.2002.
7. Lugovskiy, V.V., *Dinamika moray*. L., Sudostroenie, 200 s., 1976.

**Polyakov Roman Nikolaevich**  
FGBOU VO «OGU named after I.S.Turgenev», Orel  
Doctor of technical Sciences, associate Professor of  
«Mechatronics, mechanics and robotics»  
302009, Orel, Gaydara st., 48–152  
Tel.: 89038819381  
E-mail: romanpolak@mail.ru

**Ryzhenko Pavel Igorevich**  
FGBOU VO «OGU named after I.S.Turgenev», Orel  
PhD student  
302028, Orel, Bulvar Pobedy st., 5–37  
Tel.: 89536173365  
E-mail: wesstnik@yandex.ru

УДК 621.867.61

Е.В. САФРОНОВ, А.Л. НОСКО

## ВЫБОР ПЕРЕДАТОЧНОГО ОТНОШЕНИЯ МУЛЬТИПЛИКАТОРА ФРИКЦИОННОГО ТОРМОЗНОГО РОЛИКА

**Аннотация.** *Тормозной ролик гравитационного стеллажа для паллет не может обеспечить допустимой скорости движения грузов без использования мультипликатора в его конструкции. В статье представлены критерии выбора минимального и максимального передаточного отношения мультипликатора. Минимальное передаточное отношение определяется из условия обеспечения работоспособности упора устройства остановки и разделения паллет, а максимальное передаточное отношение – условиями работы быстроходной ступени мультипликатора, на котором установлен центробежный тормоз. Приведенный пример расчета показывает, что передаточное отношение мультипликатора лежит в диапазоне  $u = 20 \dots 120$ . На практике, как правило, используются передаточные отношения  $u = 24 \dots 35$ . Исходя из полученных данных, наиболее рациональным типом мультипликаторов является двух- или трехступенчатый планетарный мультипликатор, размещенный внутри тормозного ролика.*

**Ключевые слова:** *тормозной ролик, гравитационный роликовый конвейер, гравитационный стеллаж, паллета, мультипликатор.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vujanac, R. Dynamic storage systems, ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, Tome XIV, 79–82
2. Охрана труда при складировании материалов. ПОТ Р О–14000–007–98. Санкт–Петербург, ЦОТПБСП, 2003.
3. Шарифуллин, И. А. Обзор и анализ конструкций устройств останковки и разделения паллет роликовых гравитационных конвейеров // Journal of advanced research in technical science, 2018, № 8, с. 18–29.
4. Сафронов, Е.В. Анализ конструкций тормозных роликов гравитационных конвейеров для паллет // Наземные транспортно–технологические средства: проектирование, производство, эксплуатация: Материалы I Всероссийской заочной научно–практической конференции, ответственный редактор С.П. Озорнин, Чита: Забайкальский государственный университет, 2016. – С. 53–62.
5. Компаид Инженерные пластики – Полиамид 6(ПА6, РА6) // <http://www.komramid.ru/materialy/poliamid-6-раб-раб.php> (дата обращения: 22.05.2018).
6. Полимеры в узлах трения машин и приборов: Справочник. / А.В. Чичинадзе, А.Л. Левин, М.М. Бородулин, Е.В. Зиновьев; Под ред. А. В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 1988. 328 с.
7. Анурьев, В. И. Справочник конструктора–машиностроителя: В 3–х томах, Том 2. – 9–е изд., перераб. и доп. / Под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2006. – 960 с.
8. Носко, А.Л. Методика определения максимально допустимой скорости движения поддона на гравитационном роликовом конвейере // Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2017, № 8, с. 32–40
9. ГОСТ 33757–2016 Поддоны плоские деревянные. Технические условия. М., Стандартинформ, 2016, 22 с.
10. Арленинов, Д.К. Переменный модуль упругости древесины // Вестник МГСУ, 2011, №1, с. 150–152
11. Носко, А.Л. Методика расчета тормозного ролика центробежного типа применительно к гравитационным роликовым конвейерам для паллет // Механизация строительства, 2017, Том 78, № 6, с. 26–31.
12. ГОСТ 15960–96 Материалы асбестовые фрикционные эластичные и изделия из них. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. 15 с.

### Сафронов Евгений Викторович

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, г Москва  
аспирант, кафедра «Подъемно–транспортные системы»  
105005, г. Москва, 2–я Бауманская ул., дом 5, стр. 1,  
Тел. 8 (926) 683–31–17  
E–mail: gen–s@mail.ru

### Носко Андрей Леонидович

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, г Москва  
доктор технических наук; профессор; кафедра  
«Подъемно–транспортные системы»  
105005, г. Москва, 2–я Бауманская ул., дом 5, стр. 1  
Тел. 8 (905) 506–35–25  
E–mail: dr.nosko@mail.ru

E.V. SAFRONOV, A.L. NOSKO

## SELECTION OF THE GEAR RATIO OF THE MULTIPLICATOR OF FRICTION BRAKE ROLLER

**Abstract.** *The brake roller of the pallet flow rack cannot provide the permissible speed of movement of goods without using a multiplier in its design. The article presents the criteria for selecting the minimum and maximum gear ratio of the multiplier. The minimum gear ratio is determined from the condition that the stopper of the stopping device and the pallet separation is operable, and the maximum gear ratio is determined by the operating conditions of the high–speed stage of the multiplier on which the centrifugal brake is installed. The above calculation example shows that the ratio of the multiplier is in the range  $u = 20... 120$ . In practice, as a rule, the gear ratios  $u = 24... 35$  are used. Proceeding from the received data, the most rational type of multipliers is a two– or three–stage planetary multiplier located inside the brake roller.*

**Keywords:** *brake roller, gravitational roller conveyor, gravity rack, pallet, multiplier.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Vujanac R., Miloradovic N., Vulovic S. (2016), Dynamic storage systems, ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, Tome XIV, 79–82
2. Okhran truda pri skladirovanii materialov. POT R O–14000–007–98. Sankt–Peterburg, TSOTPBSP, 2003.

3. Sharifullin I. A., Safronov Ye. V., Nosko A. L. Obzor i analiz konstruktivnykh ustroystv ostanovki i razdeleniya pallet rolikovykh gravitatsionnykh konveyerov // Journal of advanced research in technical science, 2018, № 8, с. 18–29.

4. Safronov Ye. V. Analiz konstruktivnykh tormoznykh rolikov gravitatsionnykh konveyerov dlya pallet // Nazemnyye transportno–tehnologicheskiye sredstva: proyektirovaniye, proizvodstvo, ekspluatatsiya: Materialy I Vserossiyskoy zaochnoy nauchno–prakticheskoy konferentsii, otvetstvennyy redaktor S.P. Ozornin, Chita: Zabaykalskiy gosudarstvennyy universitet, 2016. – S. 53–62.

5. Kompamid Inzhenernyye plastiki – Poliamid 6(PA6, PA6) // <http://www.kompamid.ru/materialy/poliamid-6-pa6-pa6.php> (data obrashcheniya: 22.05.2018).

6. Polimery v uzlakh treniya mashin i priborov: Spravochnik. / A.V. Chichinadze, A.L. Levin, M.M. Borodulin, Ye.V. Zinoviyev; Pod red. A. V. Chichinadze. M.: Mashinostroyeniye, 1988. 328 s.

7. Anuryev V. I. Spravochnik konstruktora–mashinostroitel'ya: V 3–kh tomakh, Tom 2. – 9–ye izd., pererab. i dop. / Pod red. I. N. Zhestkovoy. – M.: Mashinostroyeniye, 2006. – 960 s.

8. Nosko A. L., Safronov Ye. V. Metodika opredeleniya maksimalno dopustimoy skorosti dvizheniya poddona na gravitatsionnom rolikovom konveyere // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroyeniye, 2017, № 8, s. 32–40

9. GOST 33757–2016 Poddony ploskiye derevyannyye. Tekhnicheskiye usloviya. M., Standartinform, 2016, 22 s.

10. Arleninov D.K., Arleninov P.D. Peremennyy modul uprugosti drevesiny // Vestnik MGSU, 2011, №1, s. 150–152

11. Nosko A. L., Safronov Ye. V. Metodika rascheta tormoznogo rolika tsentrobezhnogo tipa primenitelno k gravitatsionnym rolikovym konveyeram dlya pallet // Mekhanizatsiya stroitelstva, 2017, Tom 78, № 6, s. 26–31.

12. GOST 15960–96 Materialy asbestovyye friktsionnyye elastichnyye i izdeliya iz nikh. Tekhnicheskiye usloviya. M.: IPK Izdatelstvo standartov, 2003. 15 s.

**Safronov Evgeniy Viktorovich**

Bauman Moscow State Technical University, Moscow  
Post–graduate, «Hoisting and transport systems»  
department  
105005, Moscow, Russian Federation, 2nd  
Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1  
Ph. 8 (926) 683–31–17  
E–mail: gen–s@mail.ru

**Nosko Andrey Leonidovich**

Bauman Moscow State Technical University, Moscow  
Doctor of Science (Eng.), Professor, «Hoisting and transport  
systems» department  
105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya  
St., Bldg. 5, Block 1  
Ph. 8 (905) 506–35–25  
E–mail: dr.nosko@mail.ru

УДК 621.865.8

О.Г. ЛОКТИОНОВА, С.Ф. ЯЦУН, Л.Ю. ВОРОЧАЕВА, А.В. МАЛЬЧИКОВ

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РОБОТА–ОРНИТОПТЕРА С ПАССИВНО СКЛАДЫВАЮЩИМИСЯ КРЫЛЬЯМИ**

**Аннотация.** *Статья посвящена описанию и исследованию робота–орнитоптера с крыльями, которые во время взмахов пассивно складываются и раскладываются за счет конструктивных особенностей устройства, управление этим процессом не предусмотрено. Представлено детальное описание конструкции робота и его основных узлов, на основании которого предложена расчетная схема механизма взмахов крыльев с учетом их сложения/разложения. Проведен кинематический анализ механизма, определены радиус–векторы основных точек робота. Представлены результаты численного моделирования взмахов крыльев, установлено влияние на характер аэродинамических сил, а также величину их наибольшего и наименьшего значений площади крыльев и способа ее достижения (за счет изменения длины и ширины), соотношения площадей полностью сложенного и полностью разложенного крыла. Даны рекомендации по проектированию крыльев орнитоптера.*

**Ключевые слова:** *робот–орнитоптер, сложение/разложение крыльев, механизм взмахов крыльев, механизм сложения крыльев, аэродинамические силы.*

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16–08–00787.*

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. DeLaurier, J. D. An ornithopter wing design / J. D. DeLaurier // Canadian aeronautics and space journal. – 1994. Vol. 40. – N. 1. – P. 10–18.

2. Brooks, A. N. Development of a wing-flapping flying replica of the largest Pterosaur / A. N. Brooks // AIAA. – 1985. – P. 85–1446.
3. DeLaurier, J. D. The development of an efficient ornithopter wing / J. D. DeLaurier // The aeronautical journal of the royal aeronautical society. – 1993. – P. 153–161.
4. Craparo, E. A micro-sized ornithopter wing design / E. Craparo, B. Ingram // 41st aerospace sciences meeting and exhibit. – 2003. – P. 1–9.
5. Baek, S. S. Flight control for target seeking by 13 gram ornithopter / S. S. Baek, F. L. Garcia Bermudez, R. S. Fearing // Intelligent Robots and System, San Francisco, CA, USA. – 2011.
6. Grauer, J. A. Multibody Model of an Ornithopter / J. A. Grauer, J. E. Hubbard // J. of Guidance, Control, and Dynamics. – 2009. – Vol. 32. – N. 5. – P. 1675–1679.
7. Lee, J.–S. Longitudinal Flight Dynamics of Bioinspired Ornithopter Considering Fluid–Structure Interaction / J.–S. Lee, J.–K. Kim, D.–K. Kim, J.–H. Han // J. of Guidance, Control, and Dynamics. – 2011. – Vol. 34. – N. 3. – P. 667–677.
8. Ворочаева, Л.Ю. Моделирование движения летательного аппарата с машущим крылом / Л.Ю. Ворочаева, С.В. Ефимов, О.Г. Локтионова, Б.В. Лушников, С.Ф. Яцун // Cloud of Science. – Т. 3. – № 4. – 2016. – С. 603–616.
9. Vorochaeva, L.Yu. Modeling the Motion of a Flapping Wing Aerial Vehicle / L.Yu. Vorochaeva, S.V. Efimov, O.G. Loktionova, B.V. Lushnikov, S.F. Jatsun // MATEC Web of Conferences, 2017, CMTAI2016. – 2017. – P. 1–6.
10. Jatsun, S.F. Modelling of the motion of an insectopter / S.F. Jatsun, P.A. Bezmen, L.Yu. Vorochaeva, S.V. Efimov // 14th IFToMM World Congress, Taipei, Taiwan. – 2015. – P. 1–6.

**Локтионова Оксана Геннадьевна**

ФГБОУ ВО Юго–Западный  
государственный университет, г. Курск  
доктор технических наук, профессор  
проректор по учебной работе  
305040 г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, к. 218  
тел. +7(4712)222518  
e–mail: rector@swsu.ru

**Яцун Сергей Федорович**

ФГБОУ ВО Юго–Западный  
государственный университет, г. Курск  
доктор технических наук, профессор, заведующий  
кафедрой механики, мехатроники и робототехники  
305040 г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, к. 218  
тел. +7(4712)222626  
e–mail: teormeh@inbox.ru

**Ворочаева Людмила Юрьевна**

ФГБОУ ВО Юго–Западный  
государственный университет, г. Курск  
кандидат технических наук  
доцент кафедры  
механики, мехатроники и робототехники  
305040 г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, к. 218  
тел. +7(4712)222626  
e–mail: mila180888@yandex.ru

**Мальчиков Андрей Васильевич**

ФГБОУ ВО Юго–Западный  
государственный университет, г. Курск  
кандидат технических наук  
доцент кафедры  
механики, мехатроники и робототехники  
305040 г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, к. 218  
тел. +7(4712)222626  
e–mail: zveroknnp@gmail.com

O.G. LOKTIONOVA, S.F. JATSUN, L.Yu. VOROCHAEVA, A.V. MALCHIKOV

**DESIGN AND RESEARCH OF THE ROBOT–ORNITHOPTER  
WITH PASSIVE FOLDING WINGS**

**Abstract.** *The article is devoted to the description and investigation of the robot–ornithopter with wings that passively fold and decompose during the sweeps due to the design features of the device, this process is not provided for. A detailed description of the design of the robot and its main components is presented, on the basis of which the design scheme of the wing swing mechanism is proposed taking into account their addition / decomposition. The kinematic analysis of the mechanism is carried out, the radius vectors of the main points of the robot are determined. The results of numerical modeling of wing flaps are presented, the effect on the nature of aerodynamic forces, as well as the magnitude of their largest and smallest wings area and the method of its achievement (due to changes in length and width), the ratio of the areas of fully folded and fully decomposed wing are established. Recommendations are given on the design of the wings of the ornithopter.*

**Keywords:** *robot–ornithopter, addition, decomposition of wings, mechanism of wing flaps, mechanism of the addition of wings, aerodynamic forces*

**BIBLIOGRAPHY**

1. DeLaurier, J. D. An ornithopter wing design / J. D. DeLaurier // Canadian aeronautics and space journal. – 1994. Vol. 40. – N. 1. – P. 10–18.
2. Brooks, A. N. Development of a wing-flapping flying replica of the largest Pterosaur / A. N. Brooks // AIAA. – 1985. – P. 85–1446.
3. DeLaurier, J. D. The development of an efficient ornithopter wing / J. D. DeLaurier // The aeronautical journal of the royal aeronautical society. – 1993. – P. 153–161.
4. Craparo, E. A micro-sized ornithopter wing design / E. Craparo, B. Ingram // 41st aerospace sciences meeting and exhibit. – 2003. – P. 1–9.

5. Baek, S. S. Flight control for target seeking by 13 gram ornithopter / S. S. Baek, F. L. Garcia Bermudez, R. S. Fearing // Intelligent Robots and System, San Francisco, CA, USA. – 2011.
6. Grauer, J. A. Multibody Model of an Ornithopter / J. A. Grauer, J. E. Hubbard // J. of Guidance, Control, and Dynamics. – 2009. – Vol. 32. – N. 5. – P. 1675–1679.
7. Lee, J.–S. Longitudinal Flight Dynamics of Bioinspired Ornithopter Considering Fluid–Structure Interaction / J.–S. Lee, J.–K. Kim, D.–K. Kim, J.–H. Han // J. of Guidance, Control, and Dynamics. – 2011. – Vol. 34. – N. 3. – P. 667–677.
8. Vorochaeva, L.Yu. Modelirovaniye dvigeniya letatel'nogo apparata s mashushim krylom / L.Yu. Vorochaeva, S.V. Efimov, O.G. Loktionova, B.V. Lushnikov, S.F. Jatsun // Cloud of Science. – Т. 3. – N. 4. – 2016. – P. 603–616.
9. Vorochaeva, L.Yu. Modeling the Motion of a Flapping Wing Aerial Vehicle / L.Yu. Vorochaeva, S.V. Efimov, O.G. Loktionova, B.V. Lushnikov, S.F. Jatsun // MATEC Web of Conferences, 2017, CMTAI2016. – 2017. – P. 1–6.
10. Jatsun, S.F. Modelling of the motion of an insectopter / S.F. Jatsun, P.A. Bezmen, L.Yu. Vorochaeva, S.V. Efimov // 14th IFToMM World Congress, Taipei, Taiwan. – 2015. – P. 1–6.

**Loktionova Oksana Gennadiyevna**

Southwest state university, Kursk  
PhD, vice–rector for academic affairs  
305040 Kursk, 50 let Oktyabrya, 94, room 218  
tel. +7(4712)222518  
e–mal: rector@swsu.ru

**Jatsun Sergey Fedorovich**

Southwest state university, Kursk  
PhD, head of department  
of mechanics, mechatronics and robotics  
305040 Kursk, 50 let Oktyabrya, 94, room 218  
tel. +7(4712)222626  
e–mal: teormeh@inbox.ru

**Vorochaeva Lyudmila Yurievna**

Southwest state university, Kursk  
PhD, senior lecturer of department  
of mechanics, mechatronics and robotics  
305040 Kursk, 50 let Oktyabrya, 94, room 218  
tel. +7(4712)222626  
e–mal: mila180888@yandex.ru

**Malchikov Andrey Vasilievich**

Southwest state university, Kursk  
PhD, senior lecturer of department  
of mechanics, mechatronics and robotics  
305040 Kursk, 50 let Oktyabrya, 94, room 218  
tel. +7(4712)222626  
e–mal: zveroknnp@gmail.com

УДК 62.529

О.В. ФОМИНОВА

## **ВИБРОЗАЩИТНЫЕ СИСТЕМЫ С РЕКУПЕРАТОРАМИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований базовых моделей виброзащитных систем с рекуператорами механической энергии, как периодически подзаряжаемых источников энергии. Процесс рекупераций потенциальной энергии или кинетической энергии осуществляется посредством чередования двух комбинаций встречных подключений упругого элемента или инерционного звена между объектом и подвижным основанием. Найдены оптимальные синтезирующие функции управления сингулярного типа, которые позволяют обеспечить наилучшие показатели вибрационной безопасности в соответствии с принятым критерием качества. Установлено, что в данных системах резонансные явления не проявляются: значения коэффициентов динамичности меньше единицы и монотонно уменьшаются с увеличением частоты кинематического возмущения. При этом в области высоких частот значения коэффициентов динамичности меньше предельных значений коэффициентов динамичности линейной системы без демпфирования.

**Ключевые слова:** виброзащитная система, рекуператор потенциальной энергии, рекуператор кинетической энергии, динамика, оптимальное управление.

*Представленные в статье результаты исследований были получены в рамках выполнения проектов РНФ № 16–19–00186 «Планирование оптимальных по расходу энергии траекторий движения роторов мехатронных модулей в средах сложной реологии» и ГЗ № 9.2952.2017/4.6 «Создание многофункционального лабораторно–методологического комплекса общинженерной подготовки».*

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Аврамов, К.В. Нелинейная динамика упругих систем. Т.2. Приложения / К.В. Аврамов, Ю.В. Михлин. – М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2015. – 700 с.
2. Гусев, А.С. Расчет конструкций при случайных воздействиях / А.С. Гусев, В.А. Светлицкий. – М.: Машиностроение, 1984. – 240 с.

3. Круглов, Ю.А., Ударовиброзащита машин, оборудования и аппаратуры / Ю.А. Круглов, Ю.А. Туманов. – Л.: Машиностроение, 1986. – 222 с.
4. Черноусько, Ф.Л., Методы управления нелинейными механическими системами / Ф.Л. Черноусько, И.М. Ананьевский, С.А. Решмин. – М.: Физматлит, 2006. – 328 с.
5. Троицкий, В.А. Оптимальные процессы колебаний механических систем / В.А. Троицкий. – Л.: Машиностроение, 1976. – 248 с.
6. Гулия, Н.В. Физика. Парадоксальная механика / Н.В. Гулия. – М.: Издательство Юрайт, 2018. 148 с.
7. Пат. 2060417 Российская Федерация, МПК F16F9/06. Амортизатор / Чернышев В.И., Росляков В.П.; опубл. 20.05.96. Бюл. № 14.
8. Пат. 2070999 Российская Федерация, МПК F16F7/10. Амортизатор / Чернышев В.И.; опубл. 27.12.96. Бюл. № 36.
9. Пат. 2350807 Российская Федерация, МПК F16H33/02. Рекуператор механической энергии / Торопов С.Л.; опубл. 27.03.09. Бюл. № 9.
10. Фомина, О.В. Экстремальные задачи и оптимизация: введение в теорию непрямого импульсного управления процессами колебаний / О.В. Фомина, Ю.С. Степанов, В.И. Чернышев. – М.: Издательский дом «Спектр», 2011. – 218 с.
11. Дорф, Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2013. – 832 с.
12. Фомина, О.В., Теоретические аспекты формирования оптимальных управляемых процессов виброзащиты / О.В. Фомина, Л.А. Савин, В.И. Чернышев // Известия юго-западного государственного университета. Серия: техника и технологии Издательство: ЮЗГУ (Курск). – 2013. – №3. – С. 44–50.
13. Дыхта, В.А. Оптимальное импульсное управление с приложениями / В.А. Дыхта, О.Н. Самсонюк. – М.: Физматлит, 2003. – 256 с.
14. Пантелеев, А.В. Теория управления в примерах и задачах / А.В. Пантелеев, А.С. Бортановский. – М.: Высш. шк., 2003. – 583 с.
15. Ивановский, Р.И. Компьютерные технологии в науке и образовании. Практика применения систем Mathcad Pro / Р.И. Ивановский. – М.: Высш. шк., 2003. – 431 с.

**Фомина Ольга Владимировна**

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орел  
Кандидат технических наук, доцент кафедры мехатроники, механики и робототехники  
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95  
Тел. (4862) 41–98–41  
E-mail: [sapr@ostu.ru](mailto:sapr@ostu.ru)

O.V. FOMINOVA

**VIBROTECTIVE SYSTEMS WITH RECRUITERS MECHANICAL ENERGY**

**Abstract.** *The article presents the results of studies of basic models of vibration protection systems with mechanical energy recuperators, as periodically recharged energy sources. The process of recuperation of potential energy or kinetic energy is carried out by alternating two combinations of opposing connections of an elastic element or inertial link between the object and the moving base. Optimal synthesizing control functions of a singular type are found that make it possible to provide the best vibration safety indices in accordance with the accepted quality criterion. It is established that resonance phenomena do not appear in these systems: the values of the dynamic coefficients are less than one and decrease monotonically with increasing frequency of the kinematic perturbation. At the same time, in the high-frequency region, the values of the dynamic coefficients are less than the limiting values of the dynamical coefficients of the linear system without damping.*

**Keywords:** *vibration protection system, potential energy recuperator, kinetic energy recuperator, dynamics, optimal control.*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Avramov, K.V. Nelineynaya dinamika uprugikh sistem. T.2. Prilozheniya / K.V. Avramov, YU.V. Mikhlin. – М.–Ижевск: Institut kompyuternykh issledovaniy, 2015. – 700 s.
2. Gusev, A.S. Raschet konstruksiy pri slu-chaynykh vozdeystviyakh / A.S. Gusev, V.A. Svetlitskiy. – М.: Mashinostroyeniye, 1984. – 240 s

3. Kruglov, YU.A., Udarovibrozhshchita mashin, obo-rudovaniya i apparatury / YU.A. Kruglov, YU.A. Tumanov. – L.: Mashinostroyeniye, 1986. – 222 s.
4. Chernousko, F.L., Metody upravleniya nelineynymi mekhanicheskimi sistemami / F.L. Chernousko, I.M. Ananyevskiy, S.A. Reshmin. – M.: Fizmatlit, 2006. – 328 s.
5. Troitskiy, V.A. Optimalnyye protsessy kolebaniy mekhanicheskikh sistem / V.A. Troitskiy. – L.: Mashinostroyeniye, 1976. – 248 s.
6. Gulia, N.V. Fizika. Paradoksalnaya mekhanika / N.V. Gulia. – M.: Izdatelstvo Yurayt, 2018. 148 s.
7. Pat. 2060417 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F16F9/06. Amortizator / Chernyshev V.I., Roslyakov V.P.; opubl. 20.05.96. Byul. № 14.
8. Pat. 2070999 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F16F7/10. Amortizator / Chernyshev V.I.; opubl. 27.12.96. Byul. № 36.
9. Pat. 2350807 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F16H33/02. Rekuayerator mekhanicheskoy energii / Toropov S.L.; opubl. 27.03.09. Byul. № 9.
10. Fominova, O.V. Ekstremalnyye zadachi i optimizatsiya: vvedeniye v teoriyu nepryamogo impulsnogo upravleniya protsessami kolebaniy / O.V. Fominova, YU.S. Stepanov, V.I. Chernyshev. – M.: Izdatelskiy dom «Spektr», 2011. – 218 s.
11. Dorf, P. Sovremennyye sistemy upravleniya / R. Dorf, R. Bishop. – M.: Laboratoriya Bazovykh Znaniy, 2013. – 832 s.
12. Fominova, O.V., Teoreticheskiye aspekty formirovaniya optimalnykh upravlyayemykh protsessov vibrozashchity / O.V. Fominova, L.A. Savin, V.I. Chernyshev // Izvestiya yugo-zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: tekhnika i tekhnologii Izdatelstvo: YUZGU (Kursk). – 2013. – №3. – S. 44–50.
13. Dykhta, V.A. Optimalnoye impulsnoye upravleniye s prilozheniyami / V.A. Dykhta, O.N. Samsonyuk. – M.: Fizmatlit, 2003. – 256 s.
14. Panteleyev, A.V. Teoriya upravleniya v primerakh i zadachakh / A.V. Panteleyev, A.S. Bortanovskiy. – M.: Vyssh. shk., 2003. – 583 s.
15. Ivanovskiy, R.I. Kompyuternyye tekhnologii v nauke i obrazova-nii. Praktika primeneniya sistem Mathcad Pro / R.I. Ivanovskiy. – M.: Vyssh. shk., 2003. – 431 s.

**Fominova Olga Vladimirovna**

Orel State University named after I.S. Turgenev, the city of Orel

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Mechatronics, Mechanics and Robotics

302026, Orel, st. Komsomolskaya, 95

Phone: (4862) 41–98–41

E-mail: [sapr@ostu.ru](mailto:sapr@ostu.ru)

## **ПРИБОРЫ, БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

УДК 535.37+615.471

Е.В. ПОТАПОВА, В.В. ДРЁМИН, Е.А. ЖЕРЕБЦОВ,  
К.В. ПОДМАСТЕРЬЕВ, А.В. ДУНАЕВ

### **РАЗРАБОТКА ЖИДКОГО ОПТИЧЕСКОГО ФАНТОМА ДЛЯ ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**Аннотация.** *Регистрация параметров эндогенной флуоресценции in vivo имеет доказанный потенциал для обеспечения важного понимания изменений в ткани при диагностике патологий различного типа. Оценка параметров интенсивности эндогенной флуоресценции при наличии различного количества рассеивателей и поглотителей создает большие трудности для внедрения таких методов в клиническую практику. Изготовление оптического фантома на основе интралипида, красителя фуксина основного и рибофлавина мононуклеотида, имитирующих спектральные свойства биоткани, может помочь в разработке методики корректировки спектра эндогенной флуоресценции биологической ткани пациента. В работе проведена оценка эффективности изготовленного жидкостного фантома с использованием метода флуоресцентной спектроскопии с длинами волн возбуждения 365 нм и 450 нм.*

**Ключевые слова:** *оптическая неинвазивная диагностика, флуоресцентная спектроскопия, оптический фантом.*



Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект №18-02-00669).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shahzad, A. Fluorescence spectroscopy: an emerging excellent diagnostic tool in medical sciences / A. Shahzad, M. Edetsberger, G. Koehler // *Applied Spectroscopy Reviews*, 2010. – 45 (1). P. 1–11.
2. Дрёмин, В.В. Возможности применения сочетанных методов оптической неинвазивной диагностики при исследовании жизнеспособности тканей нижних конечностей пациентов с сахарным диабетом / В.В. Дрёмин, Е.В. Дрёмина, Е.В. Жарких, Е.В. Потапова, Е.А. Алимичева, Г.И. Масалыгина, А.В. Дунаев // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*, 2016. – № 1 (315). – С. 136–142.
3. Shahzad, A. Diagnostic application of fluorescence spectroscopy in oncology field: hopes and challenges / A. Shahzad, M. Knapp, M. Edetsberger, M. Puchinger, E. Gaubitzer, G. Koehler // *Applied Spectroscopy Reviews*, 2010. – 45 (1). – P. 92–99.
4. Тучин, В.В. Оптическая биомедицинская диагностика: в 2-х т.: учебное издание / В.В. Тучин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 559 с.
5. Kandurova, K. Application of the fluorescence spectroscopy for the analysis of the state of abdominal cavity organs tissues in mini-invasive surgery / K. Kandurova, V.V. Dremin, E.A. Zharebtsov, E.V. Potapova, A.V. Dunaev, A.V. Mamoshin, A.L. Alyanov, V.F. Muradyan // *Proceedings Volume 10685, Biophotonics: Photonic Solutions for Better Health Care VI*, 2018. – P. 171.
6. Muller, M.G. Intrinsic fluorescence spectroscopy in turbid media: Disentangling effects of scattering and absorption / M.G. Muller, I. Georgakoudi, Q. Zhang, J. Wu, M.S. Feld // *Applied Optics*, 2001. – 40 (25). – P. 4633–4646.
7. Dunaev, A.V. Individual variability analysis of fluorescence parameters measured in skin with different levels of nutritive blood flow / A.V. Dunaev, V.V. Dremin, E.A. Zharebtsov, I.E. Rafailov, K.S. Litvinova, S.G. Palmer, N. A. Stewart, S.G. Sokolovski, E.U. Rafailov // *Medical Engineering & Physics*, 2015. – 37 (6). – P. 574–583.
8. Lim, L. Probe pressure effects on human skin diffuse reflectance and fluorescence spectroscopy measurements / L. Lim, B. Nichols, N. Rajaram, J.W. Tunnell // *Journal of Biomedical Optics*, 2011. – 16 (1). – P. 011012.
9. Дунаев, А.В. Анализ индивидуальной вариабельности параметров в лазерной флуоресцентной диагностике / А.В. Дунаев, В.В. Дрёмин, Е.А. Жеребцов, С.Г. Палмер, С.Г. Соколовский, Э.У. Рафаилов // *Биотехносфера*, 2013. – № 2 (26). – С. 39–47.
10. Dunaev, A.V. Laser reflectance oximetry and Doppler flowmetry in assessment of complex physiological parameters of cutaneous blood microcirculation / A.V. Dunaev; V.V. Sidorov; N.A. Stewart; S.G. Sokolovski; E.U. Rafailov // *Proceedings Volume 8572, Advanced Biomedical and Clinical Diagnostic Systems XI*, 2013. – P. 857205.
11. de Veld, D.C. Autofluorescence and diffuse reflectance spectroscopy for oral oncology / D.C. de Veld, M. Skurichina, M.J. Witjes, R.P. Duin, H.J. Sterenberg, J.L. Roodenburg // *Lasers in Surgery and Medicine*, 2005. – 36 (5). – P. 356–364.
12. Bradley, R.S. A review of attenuation correction techniques for tissue fluorescence / R.S. Bradley, M.S. Thorniley // *Journal of The Royal Society Interface*, 2006. – 3 (6). – P. 1.
13. Ishimaru, A. Wave propagation and scattering in random media / A. Ishimaru. – New York: Academic Press, 1978. – 600 p.
14. Wang, D. A liquid optical phantom with tissue-like heterogeneities for confocal microscopy / D. Wang, Y. Chen, J.T.C. Liu // *Biomedical Optics Express*, 2012. – 3 (12). – P. 3153.
15. Loginova, D.A. Liquid optical phantoms mimicking spectral characteristics of laboratory mouse biotissues / D.A. Loginova, E.A. Sergeeva, A.D. Krainov, P.D. Agrba and M.Yu. Kirillin // *Quantum Electronics*, 2016. – 46 (6). – P. 528–533.
16. Kleiser, S. Comparison of near-infrared oximeters in a liquid optical phantom with varying intralipid and blood content / S. Kleiser, S. Hyttel-Sorensen, G. Greisen, M. Wolf // *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 2016. – 876. – P. 413–418.
17. Ninni, P. Di. Intralipid: towards a diffusive reference standard for optical tissue phantoms / P.Di. Ninni, F. Martelli, G. Zaccanti // *Physics in Medicine & Biology*, 2011. – 56 (2). – P. N21–N28.
18. Du Le, V.N. Measurements of extrinsic fluorescence in Intralipid and polystyrene microspheres / V.N. Du Le, Z. Nie, J.E. Hayward, T.J. Farrell, Q. Fang // *Biomedical Optics Express*, 2014. – 5 (8). – P. 2726.
19. Drössler, P. pH dependence of the absorption and emission behaviour of riboflavin in aqueous solution / P. Drössler, W. Holzer, A. Penzkofer, P. Hegemann // *Chemical Physics*, 2002. – 282 (3). – P. 429–439.
20. Galbán, J. The intrinsic fluorescence of FAD and its application in analytical chemistry: a review / J. Galbán, I. Sanz-Vicente, J. Navarro, S. de Marcos // *Methods and Applications in Fluorescence*, 2016. – 4 (4). – P. 042005.

**Потапова Елена Владимировна**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл,  
Россия

**Дрёмин Виктор Владимирович**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл,  
Россия

Кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник Научно–технологического центра биомедицинской фотоники  
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29  
Тел.: +7–4862–41–98–37  
E–mail: potapova\_ev\_ogu@mail.ru

**Жеребцов Евгений Андреевич**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл, Россия  
Кандидат технических наук, старший научный сотрудник Научно–технологического центра биомедицинской фотоники  
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29  
Тел.: +7–4862–41–98–37  
E–mail: zherebzow@gmail.com

**Дунаев Андрей Валерьевич**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл, Россия  
Кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Научно–технологического центра биомедицинской фотоники  
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29  
Тел.: +7–4862–41–98–37  
E–mail: inohvat@yandex.ru

Кандидат технических наук, научный сотрудник Научно–технологического центра биомедицинской фотоники  
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29  
Тел.: +7–4862–41–98–37  
E–mail: dremin\_viktor@mail.ru

**Подмастерьев Константин Валентинович**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл, Россия  
Доктор технических наук, профессор, директор Института приборостроения, автоматизации и информационных технологий  
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29  
Тел.: +7–4862–41–98–76  
E–mail: asms-orel@mail.ru

---

E.V. POTAPOVA, V.V. DREMIN, E.A. ZHEREBTSOV,  
K.V. PODMASTERYEV, A.V. DUNAEV

## **LIQUID OPTICAL PHANTOM FOR FLUORESCENCE SPECTROSCOPY**

**Abstract.** *Registration of endogenous fluorescence in vivo has a proven potential for providing important information for the diagnosis of a number of pathologies. Evaluation of the intensity of endogenous fluorescence in the presence of different scatterers and absorbers rises great difficulties in interpretation of the results as well as in the use of such methods in clinical practice. The preparation of a liquid optical phantom based on intralipid, fuchsin base and riboflavin mononucleotide dye simulating the spectral properties of the tissue, can help in the developing a methodology for the correction of the spectrum of endogenous fluorescence of biological tissue. The parameters of the prepared liquid phantoms were estimated using the fluorescence spectroscopy method with excitation wavelengths of 365 nm and 450 nm.*

**Keywords:** *optical non–invasive diagnostics, fluorescence spectroscopy, liquid optical phantom.*

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Shahzad, A. Fluorescence spectroscopy: an emerging excellent diagnostic tool in medical sciences / A. Shahzad, M. Edetsberger, G. Koehler // *Applied Spectroscopy Reviews*, 2010. – 45 (1). P. 1–11.
2. Dremin, V.V. Vozможности primeneniya sochetannyh metodov opticheskoy neinvazivnoy diagnostiki pri issledovanii zhiznesposobnosti tkanej nizhnih konechnostej pacientov s saharnym diabetom / V.V. Dremin, E.V. Dremina, E.V. Zharkih, E.V. Potapova, E.A. Alimicheva, G.I. Masalygina, A.V. Dunaev // *Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii*, 2016. – № 1 (315). – S. 136–142.
3. Shahzad, A. Diagnostic application of fluorescence spectroscopy in oncology field: hopes and challenges / A. Shahzad, M. Knapp, M. Edetsberger, M. Puchinger, E. Gaubitzer, G. Koehler // *Applied Spectroscopy Reviews*, 2010. – 45 (1). – P. 92–99.
4. Tuchin, V.V. Opticheskaya biomedicinskaya diagnostika: v 2–h t.: uchebnoe izdanie / V.V. Tuchin. – M.: FIZMATLIT, 2007. – 559 s.
5. Kandurova K. Application of the fluorescence spectroscopy for the analysis of the state of abdominal cavity organs tissues in mini–invasive surgery / K. Kandurova, V.V. Dremin, E.A. Zherebtsov, E.V. Potapova, A.V. Dunaev, A.V. Mamoshin, A.L. Alyanov, V.F. Muradyan // *Proceedings Volume 10685, Biophotonics: Photonic Solutions for Better Health Care VI*, 2018. – P. 171.

6. Muller, M.G. Intrinsic fluorescence spectroscopy in turbid media: Disentangling effects of scattering and absorption / M.G. Muller, I. Georgakoudi, Q. Zhang, J. Wu, M.S. Feld // *Applied Optics*, 2001. – 40 (25). – P. 4633–4646.
7. Dunaev, A.V. Individual variability analysis of fluorescence parameters measured in skin with different levels of nutritive blood flow / A.V. Dunaev, V.V. Dremin, E.A. Zhrebtsov, I.E. Rafailov, K.S. Litvinova, S.G. Palmer, N. A. Stewart, S.G. Sokolovski, E.U. Rafailov // *Medical Engineering & Physics*, 2015. – 37 (6). – P. 574–583.
8. Lim, L. Probe pressure effects on human skin diffuse reflectance and fluorescence spectroscopy measurements / L. Lim, B. Nichols, N. Rajaram, J.W. Tunnell // *Journal of Biomedical Optics*, 2011. – 16 (1). – P. 011012.
9. Dunaev, A.V. Analiz individualnoj variabelnosti parametrov v lazernoj fluorescentnoj diagnostike / A.V. Dunaev, V.V. Dremin, E.A. Zhrebtsov, S.G. Palmer, S.G. Sokolovskij, E.H.U. Rafailov // *Biotekhnosfera*, 2013. – № 2 (26). – S. 39–47.
10. Dunaev, A.V. Laser reflectance oximetry and Doppler flowmetry in assessment of complex physiological parameters of cutaneous blood microcirculation / A.V. Dunaev; V.V. Sidorov; N.A. Stewart; S.G. Sokolovski; E.U. Rafailov // *Proceedings Volume 8572, Advanced Biomedical and Clinical Diagnostic Systems XI*, 2013. – P. 857205.
11. de Veld, D.C. Autofluorescence and diffuse reflectance spectroscopy for oral oncology / D.C. de Veld, M. Skurichina, M.J. Witjes, R.P. Duin, H.J. Sterenborg, J.L. Roodenburg // *Lasers in Surgery and Medicine*, 2005. – 36 (5). – P. 356–364.
12. Bradley, R.S. A review of attenuation correction techniques for tissue fluorescence / R.S. Bradley, M.S. Thorniley // *Journal of The Royal Society Interface*, 2006. – 3 (6). – P. 1.
13. Ishimaru, A. Wave propagation and scattering in random media / A. Ishimaru. – New York: Academic Press, 1978. – 600 p.
14. Wang, D. A liquid optical phantom with tissue-like heterogeneities for confocal microscopy / D. Wang, Y. Chen, J.T.C. Liu // *Biomedical Optics Express*, 2012. – 3 (12). – P. 3153.
15. Loginova, D.A. Liquid optical phantoms mimicking spectral characteristics of laboratory mouse biotissues / D.A. Loginova, E.A. Sergeeva, A.D. Krainov, P.D. Agrba and M.Yu. Kirillin // *Quantum Electronics*, 2016. – 46 (6). – P. 528–533.
16. Kleiser, S. Comparison of near-infrared oximeters in a liquid optical phantom with varying intralipid and blood content / S. Kleiser, S. Hyttel-Sorensen, G. Greisen, M. Wolf // *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 2016. – 876. – P. 413–418.
17. Ninni, P. Di. Intralipid: towards a diffusive reference standard for optical tissue phantoms / P.Di. Ninni, F. Martelli, G. Zaccanti // *Physics in Medicine & Biology*, 2011. – 56 (2). – P. N21–N28.
18. Du Le, V.N. Measurements of extrinsic fluorescence in Intralipid and polystyrene microspheres / V.N. Du Le, Z. Nie, J.E. Hayward, T.J. Farrell, Q. Fang // *Biomedical Optics Express*, 2014. – 5 (8). – P. 2726.
19. Drössler, P. pH dependence of the absorption and emission behaviour of riboflavin in aqueous solution / P. Drössler, W. Holzer, A. Penzkofer, P. Hegemann // *Chemical Physics*, 2002. – 282 (3). – P. 429–439.
20. Galbán, J. The intrinsic fluorescence of FAD and its application in analytical chemistry: a review / J. Galbán, I. Sanz-Vicente, J. Navarro, S. de Marcos // *Methods and Applications in Fluorescence*, 2016. – 4 (4). – P. 042005.

**Potapova Elena Vladimirovna**

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia  
 Ph.D., senior researcher of Research and Development Center of Biomedical Photonics  
 302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
 Ph.: +7-4862-41-98-37  
 E-mail: potapova\_ev\_ogu@mail.ru

**Dremin Victor Vladimirovich**

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia  
 Ph.D., researcher of Research and Development Center of Biomedical Photonics  
 302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
 Ph.: +7-4862-41-98-37  
 E-mail: dremin\_viktor@mail.ru

**Zhrebtsov Evgeny Andreevich**

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia  
 Ph.D., senior researcher of Research and Development Center of Biomedical Photonics  
 302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
 Ph.: +7-4862-41-98-37  
 E-mail: zhrebzow@gmail.com

**Podmasteryev Konstantin Valentinovich**

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia  
 Doctor of Technical Sciences, professor, director of Institute of Instrument Engineering, Automation and Information Technologies  
 302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
 Ph.: +7-4862-41-98-76  
 E-mail: asms-orel@mail.ru

**Дунаев Андрей Валерьевич**

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia  
 Ph.D., leading researcher of Research and Development Center of Biomedical Photonics  
 302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
 Ph.: +7-4862-41-98-37

УДК 577.3; 621.25.07.99 + 616.711–002–07; 621.3+621.37[(043.2)]

Л.А. БОНДАРЕВА

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ПО ИЗМЕНЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ БАРАБАННОЙ ПЕРЕПОНКИ

**Аннотация.** В статье приводится обоснование возможности оценки теплового воздействия мобильного телефона на головной мозг человека по изменению температуры барабанной перепонки. Представлены результаты экспериментальных исследований, показавших увеличение температуры барабанной перепонки более чем на 2,5 °С в процессе ведения разговора по мобильному телефону, а так же рекомендации по изменению существующих гигиенических стандартов.

**Ключевые слова:** мобильный телефон, электромагнитное излучение, температура, нагрев структур мозга, барабанная перепонка, стандарты ICNIRP.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 СанПиН 2.1.8/2.3.4.1190–03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи: утв. глав. гос. санитарным врачом Российской Федерации 19 фев. 2003 г. [Электронный ресурс] // Гарант: инф.–правовой портал. – Режим доступа: <http://ivo.garant.ru/document?id=12076387&byPara=1&sub=174>.

2 Доклад Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений «Санитарно–гигиеническая оценка сотовых телефонов в России: Современные проблемы и пути их решения». – Москва, 2001 г.

3 Radiation and nuclear reviews. Radio waves and our environment. – RadiationandNuclearSafetyAuthority, 2009.

4 Бондарева, Л.А., Березина, А.А. Исследование изменения температуры в области наружного уха во время разговора по мобильному телефону // Л.А. Бондарева, А.А. Березина. – Биомедицинская радиэлектроника. – 2018. – № 3. – С. 4–11.

5 Бондарева, Л.А., Золкина, Е.П. Оценка теплового воздействия электромагнитного излучения мобильного телефона на головной мозг // Л.А. Бондарева, А.А. Березина. – Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – № 2 (322). – 2017. – С. 145–150.

6 Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. Сотовая связь и здоровье. Электромагнитная обстановка. Радиобиологические и гигиенические проблемы. Прогноз опасности: 2–е изд. – М.: Экономика, 2015. – 574 с.

7 IEEEStdC95.1–2005. IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz. – Approved 3 October 2005.

8 International Appeal «Scientists call for Protection from Non–ionizing Electromagnetic Field Exposure» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.emfscientist.org/index.php/emf–scientist–appeal>.

**Бондарева Людмила Александровна**  
ФГБОУ ВО «Орловский государственный  
университет имени И.С. Тургенева», г. Орел  
Кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Приборостроение, метрология и сертификация»  
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29  
Телефон: +7 (4862) 41–98–76.  
E-mail: 270174@mail.ru

---

L.A. BONDAREVA

## STUDY OF TEMPERATURE EFFECTS OF MOBILE PHONE RADIATION ON THE HUMAN BODY ON CHANGE THE TEMPERATURE AT THE EARDRUM

**Abstract.** The article provides a justification for the possibility of assessing the thermal effect of a mobile phone on the human brain by measuring the temperature of the eardrum. Presented the results of experimental studies

that showed an increase in the temperature of the eardrum by more than 2.5 0C in the process of talking on a mobile phone, as well as recommendations for changing existing hygiene standards.

**Keywords:** electromagnetic radiation, mobile phone, SAR, temperature, heat structures of the brain, the eardrum.

## BIBLIOGRAPHY

1 SanPiN 2.1.8/2.3.4.1190–03. Gigienicheskie trebovaniya k razmeshcheniyu i ehkspluatacii sredstv suhoputnoj podvizhnoj radiosvyazi: utv. glav. gos. sanitarnym vrachom Rossijskoj Federacii 19 fev. 2003 g. [EHlektronnyj resurs] // Garant: inf.–pravovoj portal. – Rezhim dostupa: <http://ivo.garant.ru/document?id=12076387&byPara=1&sub=174>.

2 Doklad Rossijskogo nacionalnogo komiteta po zashchite ot neioniziruyushchih izluchenij «Sanitarno–gigienicheskaya ocenka sotovyh telefonov v Rossii: Sovremennye problemy i puti ih resheniya». – Moskva, 2001 g.

3 Radiation and nuclear reviews. Radio waves and our environment. – Radiation and Nuclear Safety Authority, 2009.

4 Bondareva, L.A., Berezina, A.A. Issledovanie izmeneniya temperatury v oblasti naruzhnogo uha vo vremya razgovora po mobilnomu telefonu // L.A. Bondareva, A.A. Berezina. – Biomedicinskaya radielektronika. – 2018. – № 3. – S. 4–11.

5 Bondareva, L.A., Zolkina, E.P. Ocenka teplovogo vozdejstviya ehlektromagnitnogo izlucheniya mobilnogo telefona na golovnoj mozg // L.A. Bondareva, A.A. Berezina. – Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. – № 2 (322). – 2017. – S. 145–150.

6 Grigorev YU.G., Grigorev O.A. Sotovaya svyaz i zdorove. EHlektromagnitnaya obstanovka. Radiobiologicheskie i gigienicheskie problemy. Prognoz opasnosti: 2–e izd. – M.: EHkonomika, 2015. – 574 s.7 IEEEStdC95.1–2005. IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz. – Approved 3 October 2005.

8 International Appeal «Scientists call for Protection from Non–ionizing Electromagnetic Field Exposure» [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.emfscientist.org/index.php/emf–scientist–appeal>.

### **Bondareva Lyudmila Alexandrovna**

Oryol State University named after I.S. Turgenev, Oryol

PhD. (Tech. Sciences), Associate Professor of the

Department «Instrumentation, metrology and certification»,

302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29

Phone: +7 (4862) 41–98–76.

E–mail: 270174@mail.ru.

УДК 531.74.082.4

А.И. НЕЗНАНОВ, В.Н. ЕСИПОВ

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ МАЯТНИКОВОГО ЭЛЕМЕНТА ДАТЧИКА УРОВНЯ ЖЕЛЕЗНОДРОЖНОГО ПУТИ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ВЛИЯНИЕМ ЖИДКОСТИ**

**Аннотация.** Получены математические модели, позволяющие на основе результатов измерений параметров свободных колебаний маятниковой пластины в жидкости определить присоединенный момент инерции жидкости, движущейся с маятником, и коэффициент демпфирования маятника гидроакустического датчика уровня железнодорожного пути, в котором маятниковая пластина полностью погружена в однородную вязкую жидкость; приведены результаты экспериментальных исследований

**Ключевые слова:** датчик, маятник, свободные колебания маятника, присоединенный момент инерции жидкости, коэффициент демпфирования маятника.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Распопов, В.Я. Датчики уровня систем управления железнодорожных машин. – Тула: ТулГУ, 2000.

2. Незнанов, А.И. Гидроакустические средства измерения негоризонтальности железнодорожного пути / В.Н. Есипов, А.И. Незнанов, А.А. Рыбин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2010. – №6. – С. 60–66.

3. 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.

4. 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.

5. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа.– М.: Наука, 1970.

6. Короткин, А.И. Присоединенные массы судна: Справочник. – Л.: Судостроение, 1986.

**Незнанов Александр Иванович**

ФГБОУ ВО 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

**Есипов Виталий Николаевич**

К.т.н., доцент

Тел. 8(960)656–62–62

---

A.I. NEZNANOV, V.N. ESIPOV

**METHOD OF DETERMINING THE PARAMETERS OF MOVEMENT  
PENDULUM ELEMENT OF THE SENSOR OF THE RAILWAY–LEVEL  
SENSOR DEFINED BY THE INFLUENCE OF THE LIQUID**

**Abstract.** *Mathematical models allowing to determine the attached moment of inertia of a fluid moving with a pendulum and the coefficient of damping of the pendulum of a hydroacoustic level gauge of the railroad track in which the pendulum plate is completely immersed in a homogeneous viscous fluid is derived from the results of measurements of the parameters of free oscillations of the pendulum plate in the liquid; the results of experimental researches are presented.*

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

**BIBLIOGRAPHY**

1. Raspopov, V.Ya. Datchiki urovnja sistem upravleniya zheleznodorojnyh mashin. – Tula: TulGU, 2000.

2. Neznanov, A.I. Gidroakusticheskie sredstva izmereniya negorizontalnosti zheleznodorojnogo puti / V.N. Yesipov, A.I. Neznanov, A.A. Rybin // Fundamentalnye i prikladnye problemy tehnik i tehnologii. – 2010. – №6. – С. 60–66.

3. Neznanov, A.I. Staticheskie harakteristiki gidroakusticheskikh majatnikovyx datchikov kontrolya urovnja zheleznodorojnogo puti s amplitudnym metodom sjoma informacii / A.I. Neznanov, V.N. Yesipov // Fundamentalnye i prikladnye problemy tehnik i tehnologii. – 2013. – №2(298). – С. 118–123.

4. Neznanov, A.I. Dinamicheskie harakteristiki gidroakusticheskogo datchika nerovnosti zheleznodorojnogo puti s majatnikovym mehanicheskim chuvstvitelnym elementom / A.I. Neznanov, V.N. Yesipov // Fundamentalnye i prikladnye problemy tehnik i tehnologii. – 2015. – №3(311). – С. 112–116.

5. Loytsyanskiy, L.G. Mehanica zhidkosti i gaza. – М.: Nauka, 1970.

6. Korotkin, A.I. Prisoedinennyye massy sudna: Spravochnik. – L.: Sudostroeniye, 1986

**Neznanov Alexander Ivanovich**

I.S. Turgenov Orel State University  
Senior teacher, Department of “Instruments, metrology  
and certification”

302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29

Ph. 8(960)656–62–62

**Esipov Vitaliy Nikolaevich**

Cand. Tech Sci., Ass. Professor

Ph. 8(960)656–62–62

E-mail: orelkir18@gmail.com

УДК: 620.179.1:658.58

А.В. СЕЛИХОВ, В.В. МИШИН, К.В. ПОДМАСТЕРЬЕВ, С.И. ТИХОВ

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРИБОУЗЛА

**Аннотация:** данная статья посвящена описанию принципов работы информационной системы по распознаванию технического состояния трибоузлов на основе электрорезистивного метода трибодиагностики. Включает в себя описание основных положений метода и конструктивных особенностей системы.

**Ключевые слова:** электрогенератор, автомобиль, электрорезистивный, подшипник.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подмастерьев, К.В. Прогнозирование перспектив развития методов мониторинга узлов трения машин по результатам патентных исследований / К.В. Подмастерьев, В.В. Марков // В сборнике: Перспективы инновационного развития угольных регионов России Сборник трудов IV Международная научно-практическая конференция. Редакционная коллегия: Пудов Е.Ю. (ответственный редактор), Клаус О.А. (ответственный редактор), Бершполец С.И., Конопля А.А.. 2014. С. 329–331.
2. Мишин, В.В. Приборная база для комплексного диагностирования подшипников / В.В. Мишин, К.В., Подмастерьев, В.В. Марков В.В // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – № 4 (288) – 2011 – С 111–120.
3. Селихов, А. В. Устройство диагностирования дефектного подшипника в двухопорном узле трения / А. В. Селихов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2015. – №5–2 (313). – С. 285–291.
4. Подмастерьев, К.В. Диагностический комплекс для трибологических исследований электрофлуктуационными методами / К.В. Подмастерьев, Е.В. Пахолкин, В.В. Мишин, В.В. Марков // Контроль. Диагностика. – 2000. № 12. С 19–21.
5. Подмастерьев, К.В. Электропараметрические методы комплексного диагностирования опор качения / К.В. Подмастерьев. – М.: Машиностроение–1, 2001. – 376 с.
6. Чернышов, В.Н. Моделирование активного сопротивления подшипникового узла / В.Н. Чернышов, В.В. Мишин, А.В. Пальчевский // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии — Орёл: ФГБОУ ВПО «Госунiversитет — УНПК». — 2011. — № 2/2 С. 18–24.
7. Майоров, М.В. К вопросу о возможности технического диагностирования подшипников качения с применением нейросетевых систем выявления дефектов / М.В. Майоров, В.В. Мишин // Известия ОрелГТУ. – 2009. – №2–4/274(560). – С. 28–31
8. Майоров, М.В. Диагностирование ступичных подшипников автомобиля / М.В. Майоров, В.В. Мишин, В.Н. Чернышов // «Мир транспорта и технологических машин» — Орёл: ФГБОУ ВПО «Госунiversитет — УНПК». — 2013. — № 2(41) — С. 9–16.
9. Мишин, В.В. Подход к комплексному диагностированию подшипникового узла с учетом качества его сборки / В.В. Мишин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2010. – №6. – С. 132–139.
10. Мишин, В.В. Метод и средства диагностирования электрогенератора автомобиля по параметрам электрического сопротивления смазочного слоя / В.В. Мишин, Молодцов Е.Н. // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2011. – №2. – С. 159–166.

**Селихов Алексей Владимирович**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»  
к.т.н., старший преподаватель кафедры  
«Приборостроение, метрология и сертификация»  
Телефон (4862) 41–98–76  
E-mail: pms35@ostu.ru

**Мишин Владислав Владимирович**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»  
к.т.н., доцент, зав. каф. «Электроники, радиотехники  
и систем связи»  
Тел. (4862) 41–98–76  
E-mail: vlad89290@gmail.com

**Подмастерьев Константин Валентинович**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»  
Доктор технических наук, профессор, зав. каф.  
«Приборостроение, метрология и сертификация»

**Тихов Сергей Игоревич**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»  
Студент кафедры «Приборостроение, метрология и  
сертификация»



A.V. SELIKHOV, V.V. MISHIN, K.V. PODMASTERYEV, S.I. TIKHOV

**DEVELOPMENT OF THE MATHEMATICAL MODEL  
OF THE RECOGNITION SYSTEM OF THE TECHNICAL CONDITION  
OF THE TRIBO JOINT**

**Abstract:** *This article is devoted to the description of the principles of the information system for the recognition of the technical state of tribo joints on the basis of the electroresistive method of tribodiagnostics. Includes a description of the main provisions of the method and design features of the system.*

**Keywords:** *electric generator, automobile, electroresistive, bearing.*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Podmasteryev, K.V. Prediction of the prospects for the development of methods for monitoring friction units of machines based on the results of patent studies / K.V. Podmasteryev, V.V. Markov // In the collection: Perspectives of innovative development of the coal regions of Russia. Proceedings IV International Scientific and Practical Conference. Editorial Board: Pudov E.Yu. (responsible editor), Klaus O.A. (responsible editor), Bershpolets S.I., Konoplya A.A. 2014. P. 329–331.
2. Mishin V. V., Podmasteryev K. V., Markov V. V. Instrument base for complex diagnostics of bearings / V.V. Mishin., K.V. Podmasteryev, V.V. Markov // Fundamental and applied problems of engineering and technology. – №4 (288)– 2011 – P. 111–120
3. Selikhov, A.V. The device for diagnosing a defective bearing in a two-bearing friction unit / A.V. Selikhov // Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology. – 2015. – No. 5–2 (313). – P. 285–291.
4. Podmasteryev, K.V. Diagnostic system for tribological research electrofluctuation methods / K.V. Podmasteryev, E.V. Pakholkin, V.V. Mishin., V.V. Markov // Control. Diagnostics. – 2000. No. 12. P. 19–21
5. Podmasteryev, K.V. Electroparametric methods for complex diagnosis of rolling bearings / K.V. The Apprentices. – Moscow: Mashinostroenie–1, 2001. – 376 p.
6. Chernyshov, V.N. Modeling of the active resistance of the bearing assembly / V.N. Chernyshov, V.V. Mishin, A.V. Palchevsky // Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology – Orel: State University – UNPK. – 2011. – No. 2/2 C. 18–24.
7. Mayorov, M.V. On the possibility of technical diagnosis of rolling bearings with the use of neural network defect detection systems / M.V. Mayorov, V.V. Mishin // Izvestia Orel State Technical University. – 2009. – No. 2–4 / 274 (560). – P. 28–31
8. Mayorov, M.V. Diagnosis of wheel bearings of a car / M.V. Mayorov, V.V. Mishin, V.N. Chernyshov // «The World of Transport and Technological Machines» – Orel: FGBOU VPO «Gosuni–version – UNPK». – 2013. – No. 2 (41) – pp. 9–16.
9. Mishin, V.V. Approach to the complex diagnosis of the bearing unit, taking into account the quality of its assembly / V.V. Mishin // Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology. – 2010. – №6. – P. 132–139.
10. Mishin, V.V. The method and means of diagnosing the car electric generator according to the parameters of the electrical resistance of the lubricating layer / V.V. Mishin, Molodtsov E.N. // Fundamental and applied problems of technology and technology. – 2011. – №2. – pp. 159–166.

**Selikhov Aleksey Vladimirovich**

FGBOU VO «Turgenev OSU» Cand.tech.sci., senior lecturer of IMM&S dep.  
Tel. (4862) 41–98–76  
E–mail: thelonglonebox@yandex.ru

**Mishin Vladislav Vladimirovich**

FGBOU VO «Turgenev OSU» Cand. tech. sci., associate professor, head of «Electronics, computer technology and information security» dep.  
Tel. (4862) 41–98–76  
E–mail: vlad89290@gmail.com

**Podmasteryev Konstantin Valentinovich**

FGBOU VO «Turgenev OSU»  
Doctor of Technical Sciences, professor, Head.  
Department of «Testing, Metrology and Certification»  
Ph.: (4862)41–98–03  
E–mail: asms–orel@mail.ru

**Tihov Sergey Igorevich**

Student of IMM&S dep.  
Tel. (4862) 41–98–76  
E–mail: Tikhov.sereoga201

## **КОНТРОЛЬ, ДИАГНОСТИКА, ИСПЫТАНИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ**

УДК 621.822.6–97: 621.317.757.08

Н.В. ДАВЫДОВА, Ю.Н. ИВАНОВ, С.Н. ЛАЗАРЕВ

### **МЕТОД ЭКСПРЕСС–АНАЛИЗА КАЧЕСТВА СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ ГАРАЖА ОСОБОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

***Аннотация.** В статье рассмотрена специфика эксплуатации и технического обслуживания автотранспорта гаража особого назначения, сформированы группы факторов, влияющих на качество используемых в двигателях автомобилей смазочных материалов. Рассмотрена возможность применения двухчастотного резистивного метода для экспресс–анализа качества смазочного материала и даны рекомендации по выбору рабочих средств измерений, позволяющих существенно повысить точность определения диагностических параметров.*

**Ключевые слова:** качество, смазочное масло, метод контроля, гараж особого назначения, современные измерители напряжения.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Энциклопедия Федеральной службы охраны Российской Федерации. Т.1. История органов государственной охраны и специальной связи / Под общ.ред. Е.А. Мурова. – 2–е изд., испр. И доп. – М.: Кучково поле, 2012. – 480 с., ил.
2. История органов государственной охраны и подразделений специальной связи / Под ред. В.Д. Тарасова.– Голицыно: ГПИ ФСБ России, 2010.– 330 с.
3. Исторический вестник. Гараж особого назначения. Том пятнадцатый. / Под общей редакцией генерал–лейтенанта В.А. Макарова: МОСКВА, сентябрь 2016 – С.7–83.
4. Шувалов, Г.В. Опыт создания и перспективы использования мобильных лабораторий для контроля показателей нефтепродуктов / Г.В. Шувалов, В.Г. Селятницкий, В.М. Байкалов, И.В. Клековкин // Законодательная и прикладная метрология.–2014.–№5. С.12–16.
5. Технический регламент «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» (Утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 27 февраля 2008 г. №118)
6. Постановление Правительства РФ от 11.10.12 №1036 (ред. от 13.08.2016) «Об особенностях оценки соответствия оборонной продукции (работ, услуг) поставляемой по государственному оборонному заказу, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, утилизации и захоронения указанной продукции»
7. Решение проблем форсированных двигателей [Электронный ресурс] / Автодела (22.01.2015г.).– URL: <http://www.autodela.ru/main/top...dvigatel> (21.04.2017г.)
8. Новые лабораторные методы оценки качества масел и присадок / А. Я. Левин, Г. Л. Трофимова [и др.] // Химия и технология топлив и масел. – 2006. – № 2. – С. 50–51.
9. Хула, В. Д. Безразборный экспресс–мониторинг ресурса трибосопряжений / В. Д. Хула, Ф. И. Кукоз // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2007. – Т. 73, № 9. – С. 76–78.
10. Возможность применения кондуктометрического метода для контроля степени загрязнения автомобильных масел / В. Г. Заренбин [и др.] // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБА, 2008. – № 1–2. – С. 26–30.
11. Кортянович, К. В. Диэлектрическая проницаемость как показатель, характеризующий адгезионные свойства битумов [Электронный ресурс] / К. В. Кортянович, Н. Г. Евдокимова, Б. С. Жирнов // Нефтегазовое дело. – 2006. – Вып. 2. – Режим доступа: [http://www.ogbus.ru/authors/Kortyanovich/Kortyanovich\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Kortyanovich/Kortyanovich_1.pdf).
12. Подкин, Ю. Г. Метод дизелькометрического контроля неравновесных дисперсных систем. 1. Формирование измерительной информации при протекании процессов растворения / Ю. Г. Подкин // Контроль. Диагностика. – 2003. – № 1. – С. 32–43.
13. Подкин, Ю. Г. Метод дизелькометрического контроля неравновесных дисперсных систем. 1. Формирование измерительной информации при протекании процессов структурообразования / Ю. Г. Подкин // Контроль. Диагностика. – 2004. – № 3. – С. 26–37.
14. Радиоизмерения / С. Ф. Корндорф [и др.]. – М.: Госэнергоздат, 1953. – 464 с.

**Давыдова Надежда Владимировна**  
Академия ФСО России  
Кандидат технических наук,  
научный сотрудник,  
302034, г.Орел,

**Иванов Юрий Николаевич**  
Академия ФСО России  
Кандидат технических наук,  
научный сотрудник,  
302034, г.Орел,

**Лазарев Сергей Николаевич**  
Академия ФСО России  
Кандидат технических наук,  
научный сотрудник,  
302034, г.Орел,

ул. Приборостроительная, 35  
Тел. (4862)54–97–85  
E–mail:  
metrolog@academ.msk.rsnet.ru

ул. Приборостроительная, 35  
Тел. (4862)54–97–85  
E–mail:  
metrolog@academ.msk.rsnet.ru

ул. Приборостроительная, 35  
Тел. (4862)54–97–85  
E–mail:  
metrolog@academ.msk.rsnet.ru

---

N.V DAVYDOVA, Yu.N. IVANOV, S.N. LAZAREV

## **METHOD OF EXPRESS ANALYSIS OF THE QUALITY OF THE LUBRICANT FOR VEHICLES OF GARAGE OF SPECIAL FUNCTION**

**Abstract.** *In the article the specifics of operation and maintenance of motor vehicles for a special purpose garage are considered, groups of factors influencing the quality of lubricants used in the engines of cars are formed. The possibility of application of the resistive method at two frequencies of the express–analysis of the quality of the lubricant is considered and recommendations are given on the choice of working measuring instruments that allow to significantly increase the accuracy of determining the diagnostic parameters.*

**Keywords:** *The quality of the lubricating oil, the control method, the garage special purpose current voltage meter.*

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Encyclopedia of Federal Security Service of the Russian Federation. T. 1. History of the organs of State security and special occasion / Pod.obch. red. E.A. Murova. –2–e izhd., ispr.i dop. –M.: Kuchkovo pole, 2012. –480 s., il.
2. History of the organs of State security and special communication units / Pod.obch. red. V.D. Tarasova.–Golitsyno: GPI FSB of Russia, 2010.–330 s.
3. Historical bulletin. Special purpose garage. That the fifteenth. / Under general supervision of Lieutenant–General V.A. Makarova: Moscow, September, 2016– s. 7–83.
4. Shuvalov, G.V Experience of creation and prospects of use of mobile laboratories to monitor indicators of oil products / G.V Shuvalov, V.M. Seljatnickij, V.M Baikalov, I.V Klekovkin // Legislative and applied metrology.–2014.–№ 5. s. 12–16.
5. Technical Regulation «Concerning the requirements for road and aviation gasoline, diesel, and ship fuel, jet fuel and fuel oil» (Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation of February 27.02, 2008 № 118)
6. Resolution of the Government of the Russian Federation from 11.10.12 № 1036 (red.13.08.2016) «On the specifics of conformity assessment of Defense products (works, services) delivered by the State Defence order, design processes (including research), manufacture, construction, installation, commissioning, operation, storage, transportation, sale, use and disposal of these products»
7. Problem solving uprated engines [Electronic resource] // Auto mechanics (22.01.2015). URL: <http://www.autodela.ru/main/top...dvigatel> (21.04.2017.)
8. New laboratory methods for assessing the quality of oils and additives / A. J. Levin, G. L. Trofimov [i dr.] // Chemistry and technology of fuels and oils. –2006. –№ 2. –s. 50–51.
9. Hula, V. D. Bezrazbornyj express–resource monitoring tribological joints / V. D. Hula, F. Kukoz // Factory laboratory. Diagnostics of materials. –2007. –Vol. 73, № 9. –s. 76–78.
10. The ability to apply the method and uncertainty for pollution control of motor oils / V.G. Zarenbin [i dr.] // Pridniprovskaï akademii derzhavnoï Visnik budivnictva Ta arhitekturi. –Dnipropetrovsk: PDABA, 2008. –№. 1–2. –s. 26–30.
11. Kortjanovich, K. V. Permittivity as an indicator, which characterizes the adhesion properties of bitumen [Electronic resource] / K.V. Kortjanovich, N. G. Evdokimov, B.S. Zhirnov // Oil and gas business. –2006. –ISS. 2.– Access mode: [http://www.ogbus.ru/authors/Kortyanovich/Kortyanovich\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Kortyanovich/Kortyanovich_1.pdf).
12. Podkin, Y G. Dijelkometricheskogo control method of non–equilibrium of dispersed systems. 1. formation of the measuring information in the course of dissolution processes / Y. G. Podkin // Controls. Diagnostics. – 2003. –№ 1. –s. 32–43.
13. Podkin, Y.G. Method dielcometric control nonequilibrium disperse systems. 1. Formation of the measurement information in the processes stukturoobrazovaniya / G. Podkin // Control. Diagnostics. – 2004. – № 3. – s. 26–37.
- 14 Radiomeasurements / S.F. Korndorf [i dr.].– M.: Gosenergozdat, 1953. – 464 s.

**Davydova Nadezhda Vladimirovna**  
Academy FSO of Russia  
Ph.D, researcher assistant,  
302034, Orel, Priborostroitel'naya, 35  
Ph. (4862)54-97-85  
E-mail:  
metrolog@academ.msk.rsnet.ru

**Ivanov Yriy Nicolaevich**  
Academy FSO of Russia  
Ph.D, researcher assistant,  
302034, Orel, Priborostroitel'naya, 35  
Ph. (4862)54-97-85  
E-mail: metrolog@academ.msk.rsnet.ru

**Lazarev Sergei Nicolaevich**  
Academy FSO of Russia  
Ph.D, researcher assistant,  
302034, Orel,  
Priborostroitel'naya, 35  
Ph. (4862)54-97-85  
E-mail:  
metrolog@academ.msk.rsnet.ru

УДК 620.165.29

Е.Н. ГРЯДУНОВА, А.В. ГОРИН, М.А. ТОКМАКОВА

## КОНТРОЛЬ ГЕРМЕТИЧНОСТИ АНЕРОИДНЫХ КОРОБОК ФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

**Аннотация.** В статье представлен анализ методов контроля герметичности анероидной коробки. Описан фотометрический способ обнаружения течи с помощью вспомогательной химической реакции. Представлена схема установки для определения утечек. Даны расчетные зависимости, описывающие метод контроля герметичности анероидных коробок.

**Ключевые слова:** анероидная коробка, герметичность, фотометрический метод, утечка.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грядунова, Е.Н. Фотометрический метод и средство контроля герметичности изделий с парожидкостным заполнением углеводородами / диссертация кандидата технических наук – Орел, 1998. – 152 с.
2. Грядунова, Е.Н. Контроль герметичности изделий, заполненных предельными углеводородами: монография / Е.Н. Грядунова, С.Ф. Корндорф, А.В. Горин, – Орел: Госуниверситет – УНПК, 2015. – 88 с.
3. Горин, А.В. Проверка изделий, заполненных предельными углеводородами, на герметичность: монография / А.В. Горин, Е.Н. Грядунова, М.А. Горина – Орел: ООО ПФ «Картуш», 2016. – 98 с.
4. Петин, С. В., Сидоренко В. Г. Обзор методов дефектоскопии при обследовании трубопроводов // Молодой ученый. – 2016. – №2. – С. 194–199. – URL <https://moluch.ru/archive/106/25262/>.
5. Неразрушающий контроль и диагностика/ Справочник. Под редакцией В.В. Клюева // 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 2003. – 656 с.
6. Системы неразрушающего контроля. Виды (методы) и технология неразрушающего контроля. Справочное пособие / М.: ГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора в России», 2003. – 392 с.
7. Новый справочник химика и технолога. Химическое равновесие, свойство растворов. Серия книг для специалистов: АНО НПО «Профессионал», 2004. – 998 с.
8. Вигасин, А.А. Константа скорости диссоциации двухатомных молекул и квазидвухатомных диаметров / А. А. Вагасин, В.Н. Макаров // Вестник Московского университета, Серия 2 химия: институт – Москва: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2000. – С. 96–101.
9. Вахрушев, А. В. Моделирование процессов взаимодействия наночастиц с микротрещиной / А.В. Вахрушев, В.В. Андреев. // Журнал «Химическая физика и мезоскопия». Издательство: Институт механики Уральского отделения РАН, Ижевск, С. 307–312.
10. Нестеров, С.Б. Методы расчета вакуумных систем / Нестеров С.Б., Васильев Ю.К., Андросов А.В. – М.: издательство МЭИ, 2004. – 220 с.
11. Вакуумное оборудование /Каталог Капустина У.Н. Казань: Издательский центр» Арт-кофе», 2002. – 96 с.

**Грядунова Елена Николаевна**  
Орловский Государственный  
университет  
имени И.С. Тургенева, г. Орел  
кандидат технических наук, доцент  
кафедра мехатроники, механики и  
робототехники,  
302020 г. Орел, Наугорское шоссе,  
29  
Тел.(4862) 41-98-85  
E-mail: gryadunova65@mail.ru

**Горин Андрей Владимирович**  
Орловский Государственный  
университет  
имени И.С. Тургенева, г. Орел  
кандидат технических наук, доцент  
кафедра мехатроники, механики и  
робототехники,  
302020 г. Орел, Наугорское шоссе,  
29  
Тел: 891-260-02-67  
E-mail: gorin57@mail.ru

**Токмакова Мария Андреевна**  
Орловский Государственный  
университет  
имени И.С. Тургенева, г. Орел  
студент  
302020 г. Орел, Наугорское  
шоссе, 29  
Тел.(4862) 41-98-85

T.N. GRIADYNOVA, A.V. GORIN, M.A. TOKMAKOVA

## TIGHTNESS CONTROL ANEROID BOXES BY PHOTOMETRIC METHOD

**Abstract.** *The article presents the analysis of methods of tightness control of aneroid box. The photometric method of leak detection using an auxiliary chemical reaction is described. The scheme of installation for leak detection is presented. The calculated dependences describing the method of tightness control of aneroid boxes are given.*

**Keywords:** *aneroid box, tightness, photometric method, leakage.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Gladunova, E. N. Photometric method and means of tightness control of products with a vapor–liquid filled with hydrocarbons / thesis of candidate of technical Sciences Orel, 1998. – 152 p.
2. Gladunova, E. N. Control of tightness of products filled with saturated hydrocarbons: monograph / E. N. Gryadunov, S. F. Korndorf, A. V. Gorin, eagle, state University – unpk, 2015. – 88 p.
3. Gorin, A.V. Checking items filled with saturated hydrocarbons, to leak: monograph / A. V. Gorin, E. N. Gryadunova, M. A. Gorin – eagle: ООО ПФ «Cartouche», 2016. – 98 p.
4. Petinov, S. V., Sidorenko V. G. review of methods of flaw detection at inspection of pipelines. Young scientist. – 2016. – №2. – Pp. 194–199. – URL <https://moluch.ru/archive/106/25262/>.
5. Non–destructive testing and diagnostics / Handbook. Edited by V. V. Klyuev // 2nd ed., prefab. I DOP. Moscow: Mashinostroenie, 2003. – 656 p.
6. Non–destructive testing systems. Types (methods) and technology of non–destructive testing. Reference book / M.: GUP «Scientific and technical center for industrial safety Gosgortekhnadzor Russia», 2003. – 392 p.
7. New Handbook of chemist and technologist. Chemical equilibrium, a property of the solutions. Series of books for specialists: ANO NGO «Professional», 2004. – 998 p.
8. The dissociation rate of diatomic molecules and quasi–diatomic diameters Constant, V. N. Makarov // Bulletin of Moscow University, Series 2 chemistry: Institute–Moscow: Moscow state University. M. V. Lomonosov, 2000. – P. 96–101.
9. Vakhrushev, A. V. Modeling of processes of interaction of nanoparticles with a hairline fracture / A. V. Vakhrushev, V. V. Andreev. // Journal «Chemical physics and mesoscopy». Publisher: Institute of mechanics of the Ural branch of RAS, Izhevsk, P. 307–312.
10. Nesterov, S. B. methods of calculation of vacuum systems / Nesterov, S. B., Vasiliev, K., Androsov, A. V. – M.: publishing house MEI, 2004. – 220 p.
11. Vacuum equipment / katolog Kapustina U. N. Kazan: publishing center» Art–coffee», 2002. – 96 p.

**Griadyanova Elena Nikolaevna**  
«Orel State University named after I.S. Turgenev», Orel  
Ph.D., associate professor of the department «Mechatronics, mechanics and robotics»  
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
Ph.: (4862) 41–98–85  
E–mail: gryadunova65@mail.ru

**Gorin Andrei Vladimirovich**  
«Orel State University named after I.S. Turgenev», Orel  
Ph.D., associate professor of the department «Mechatronics, mechanics and robotics»  
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
Ph.: 8910–260–02–67  
E–mail: gorin57@mail.ru

**Tokmakova Maria Andreevna**  
«Orel State University named after I.S. Turgenev», Orel  
Student  
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
Ph.: (4862) 41–98–85

УДК 620.179.1.082.7

В.В. МАРКОВ, Н.В. УГЛОВА, В.Н. СКОВПЕНЬ

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ КОНТРОЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ КОНТАКТНЫХ ПАР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ

**Аннотация.** *Детали контактных пар прямоугольных электрических соединителей, по сравнению с другими типами электрических соединителей (скользящими контактами электрических машин и разрывными контактами релейных устройств), имеют некоторые особенности трения и изнашивания. Данные особенности обязательно следует учитывать при проведении контроля механических характеристик (силы сочленения и расчленения) деталей контактных пар прямоугольных электрических соединителей.*

**Ключевые слова:** *трение; изнашивание; прямоугольный электрический соединитель; скользящий электрический контакт; разрывной электрический контакт; сила сочленения; сила расчленения.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафонов, А.Л. Прямоугольные электрические соединители / А.Л. Сафонов, Л.И. Сафонов. – СПб.: ООО «Издательство Файнстрит», 2011. – 328 с.
2. Корндорф, С.Ф. Разрушение разъёмных контактов в процессе их замыкания / С.Ф. Корндорф, Г.И. Уткин, В.В. Марков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2010. – № 1. – С. 78–81.
3. Ерёмин, А.А. Пути развития производства прямоугольных низкочастотных соединителей в России [Электронный ресурс] / А.А. Ерёмин, А.В. Киселёв, А.Н. Шадрин // Современная электроника. – 2013. – № 6. – С. 12–16. – Режим доступа: <https://www.soel.ru/upload/clouds/1/iblock/516/51674945dcc91a5ea/20130612.pdf>.
4. Уткин, Г.И. Особенности процесса трения рабочих поверхностей деталей контактной пары разъёмного электрического соединителя / Г.И. Уткин, В.В. Марков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2012. – № 2–5. – С. 95–100.
5. Уткин, Г.И. Показатели назначения электрических соединителей, характеризующие техническое состояние контактов / Г.И. Уткин, В.В. Чкан, В.В. Марков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2009. – № 6. – С. 114–119.

**Марков Владимир Владимирович**  
 ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева», г. Орёл  
 К.т.н., доцент кафедры  
 приборостроения, метрологии и  
 сертификации  
 Тел. (4862)41–98–76;  
 E-mail: pms35vm@yandex.ru

**Углова Нина Владимировна**  
 ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева», г. Орёл  
 К.т.н., доцент кафедры  
 приборостроения, метрологии и  
 сертификации  
 Тел. (4862)41–98–76;  
 E-mail: pms35vm@yandex.ru

**Сковпень Владимир Николаевич**  
 ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева», г. Орёл  
 К.т.н., доцент кафедры  
 приборостроения, метрологии и  
 сертификации  
 Тел. (4862)41–98–76;  
 E-mail: pms35vm@yandex.ru

V.V. MARKOV, N.V. UGLOVA, V.N. SKOVPEN

**ACTUAL PROBLEMS CONTROL  
 THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF PARTS  
 CONTACT PAIRS ELECTRICAL CONNECTORS**

**Abstract.** *The details of the contact pairs of rectangular electrical connectors, as compared with other types of electrical connectors (sliding contacts of electrical machines and discontinuous contacts of relay devices), have some peculiarities of friction and wear. These features must be taken into account when carrying out the control of mechanical characteristics (joint forces and dismemberment) of parts of contact pairs of rectangular electrical connectors.*

**Keywords:** *friction; wear; rectangular electrical connector; sliding electrical contact; breaking electrical contact; joint strength; dismemberment force.*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Safonov, A. L. Rectangular electrical connectors / A. L. Safonov, L. I. Safonov. – SPb.: ООО «Izdatelstvo faynstrit», 2011. – 328 p.
2. Korndorf, S. F. The destruction of the separable contacts to their circuit / S. F. Korndorf, A. I. Utkin, V. V. Markov // Fundamental and applied problems of techniques and technology. – 2010. – Vol. 1. – P. 78–81.
3. Eremin, A. A. development of production of rectangular low-frequency connectors, in Russia [Electronic resource] / A. A. Eremin, A. V. Kiselev, A. N. Shadrin // Modern electronics. – 2013. – Vol. 6. – P. 12–16. – Mode of access: <https://www.soel.ru/upload/clouds/1/iblock/516/51674945dcc91a5ea9548862f2c46b66/20130612.pdf>.
4. Utkin, G. I. The Peculiarities of the process of friction surfaces contact pair rethink the electrical connector / G. I. Utkin, V. V. Markov // Fundamental and applied problems of techniques and technology. – 2012. – Vol. 2–5. – P. 95–100.
5. Utkin, G. I. Parameters of use electrical connectors that characterize the technical condition of the contacts / G. I. Utkin, V. V. Ckan, V. V. Markov // Fundamental and applied problems of techniques and technology. – 2009. – Vol. 6. – P. 114–119.

**Markov Vladimir Vladimirovich**  
Oryol State University names of I.S. Tyrgenev, Oryol, Russia  
Associate professor of department Device-building, Mertology and Certification, candidate of technical science,  
Phone (4862)41-98-76; E-mail: pms35vm@yandex.ru

**Uglova Nina Vladimirovna**  
Oryol State University names of I.S. Tyrgenev, Oryol, Russia  
Associate professor of department Device-building, Mertology and Certification, candidate of technical science,  
Phone (4862)41-98-76; E-mail: pms35vm@yandex.ru

**Vladimir Nikolaevich Skovpen**  
Oryol State University names of I.S. Tyrgenev, Oryol, Russia  
Associate professor of department Device-building, Mertology and Certification, candidate of technical science,  
Phone (4862)41-98-76; E-mail: pms35vm@yandex.ru

УДК 620.1.05:620.179

М.П. ЖИЛЬЦОВ, А.В. ЖИДКОВ, О.А. ВОРОНИНА

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ШАР-ПЛОСКОСТЬ, РАЗДЕЛЕННЫХ СЛОЕМ СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА**

**Аннотация.** *Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований контактного взаимодействия тел с поверхностями шар-плоскость, разделенных слоем смазочного материала, электропараметрическим методом. Предложена модель данного взаимодействия. Приведены результаты аналитического моделирования и экспериментальных исследований. Масштабирование предложенной модели с учетом особенностей моделируемых объектов, позволит глубже представить процессы взаимодействия тел в таких узлах как подшипники качения.*

**Ключевые слова:** *контактное взаимодействие, смазочный материал, электропараметрические методы, электрическое сопротивление, импульсный сигнал, подшипник качения.*

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Износостойкость деталей машин и механизмов учеб. пособие. / Бишутин С. – Брянск: БГТУ, 2010. – 112 с.
2. Подмастерьев, К.В. Электрорезистивный метод комплексного диагностирования опор качения // Контроль. Диагностика. – 2004. № 9. С. 22–26.
3. Подмастерьев, К.В. Диагностический комплекс для трибологических исследований электрофлукуационными методами // Контроль. Диагностика. – 2000. № 12. С. 19–21.
4. Холодилов, О.В. Диагностика состояния подшипников качения: комплексный подход // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов. – 2014. № 5. С. 275–276.
5. Повреждение подшипников и их причины. / Сост. SKF. – СПб: SKF AB, 2002.
6. Fluid Film Lubrication. / A. Z. Szeri, 2011. – 547 с.
7. Advanced Transport Phenomena: Fluid Mechanics and Convective Transport Processes. / L.G. Leal, 2007.
8. Трение и смазка твердых тел. / Боуден Ф.П. Т. Д. – Москва, 1968. – 543 с.
9. Жильцов, М.П. Экспериментальные исследования ударного трибозаимодействия по электрическим параметрам // Гидродинамическая теория смазки – XXI. Сборник тезисов международного научного симпозиума – Орел: ОГУ И.С. Тургенева, 2016 – С. 52.
10. Жильцов, М.П. Стенд для проведения исследования ударных трибозаимодействий // Международная научная конференция перспективных разработок молодых ученых «Наука молодых – будущее России». – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2016. – С. 215–219.
11. Мишин, В.В. Приборная база для комплексного диагностирования подшипников // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – № 4 (288) – 2011 – С. 111–120.
12. Грязнов, М.И. Измерение параметров импульсов. – М.: Радио и связь, 1991. – 216 с.

**Жильцов Михаил Петрович**  
ОГУ им. И.С.Тургенева,  
г. Орёл  
Аспирант кафедры ЭРиСС  
Тел.: +79536291236  
E-mail: mik2015zh@yandex.ru

**Жидков Алексей Владимирович**  
ОГУ имени И.С. Тургенева,  
г. Орёл  
Аспирант кафедры ЭРиСС  
Тел.: +79536222332  
E-mail: alexeyzhidkov54@yandex.ru

**Воронина Оксана Александровна**  
ОГУ им. И.С.Тургенева, г. Орёл  
Кандидат технических наук, доцент,  
доцент. каф. ЭРиСС  
Тел.: +8-9065701666  
E-mail: voronina\_o\_a@mail.ru



M.P. ZHILTSOV, A.V. ZHIDKOV, O.A. VORONINA

## RESEARCH OF CONTACT INTERACTION THE SURFACES A SPHERE–FLAT SURFACES SEPARATED BY LAYER OF LUBRICANT

**Abstract.** *The results of theoretical and experimental studies of the contact interaction of bodies with the sphere–plane surfaces separated by a layer of a lubricating material are presented by an electroparametric method. A model of this interaction is proposed. The results of the analytical model and experimental studies are presented. Scaling of the proposed model, taking into account the features, will provide a deeper representation of the processes of interaction of bodies in such nodes as rolling bearings.*

**Keywords:** *contact interaction, lubricant, electroparametric methods, electrical resistance, pulse signal, rolling bearing.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Wear resistance of details of cars and mechanisms of studies. grant. / Bishutin S. – Bryansk: BG TU, 2010. – 112 p.
2. K.V. Podmasteryev Electroresistive method of complex diagnosing of support of a rolling//Monitoring. Diagnostics. – 2004. No. 9. P. 22–26.
3. K. V. Podmasteryev, Pakholkin E. V., Mishin V. V., Markov V. V. Diagnostic system for tribological research electrofluctuation methods//Control. Diagnostics. – 2000. No. 12. P. 19–21
4. O.V. Holodilov, S.V. Korotkevich, V.V. Kravchenko Diagnostics of a condition of rolling bearings: comprehensive approach//the Modern methods and devices of quality control and diagnostics of a condition of objects. – 2014. No. 5. P. 275–276.
5. Damage of bearings and their reason. / Auth. SKF. – SPb: SKF AB, 2002.
6. Fluid Film Lubrication. / A. Z. Szeri, 2011. – 547 p.
7. Advanced Transport Phenomena: Fluid Mechanics and Convective Transport Processes. / L.G. Leal, 2007.
8. Sliding friction and lubricant of solid bodies. / Bowden F.P. T.D. – Moscow, 1968. – 543 p.
9. Zhiltsov M. P., Zhidkov A.V., Vyyun S.S., Mishin V.V. The pilot studies of a shock tribo–interaction in electric parameters//9. The hydraulic theory of lubricant – XXI. The collection of theses of the international scientific symposium – Oryol: I.S. Turgeneva Regional Public Institution, 2016 – P 52
10. Zhiltsov M. P. The stand for carrying out a research of shock tribo–interaction//the International scientific conference a Promising developments of young scientists «Science of young people - the future of Russia». – Kursk: South Zap. state. un–t, 2016. – P 215–219.
11. Mishin V. V., Podmasteryev K. V., Markov V. V. Instrument base for complex diagnostics of bearings // Fundamental and applied problems of engineering and technology: Orel state University. I. S. Turgenev (eagle) ISSN: 2073–7408 – №4 (288)– 2011 – P. 111–120
12. Measurement of parameters of impulses. / Gryaznov M. – Moscow, 1991. – 216 p.

**Zhiltsov Mihail Petrovich**  
Orel State University named  
after I.S. Turgenev, Orel  
Postgraduate at the Department  
of electronics, radio engineering  
and communication systems  
Ph.: +79536291236  
E–mail: mik2015zh@yandex.ru

**Zhidkov Alexey Vladimirovich**  
Orel State University named after I.S.  
Turgenev, Orel; Postgraduate at the  
Department of electronics, radio  
engineering and communication systems  
Ph.: +79536222332  
E–mail: alexeyzhidkov54@yandex.ru

**Voronina Oksana Aleksandrovna**  
Orel State University named after I.S.  
Turgenev, Orel  
PhD, docent, Department of electronics,  
radio engineering and communication  
systems  
Ph.: +8–9065701666  
E–mail: voronina\_o\_a@mail.ru

УДК 621.822.6:620.179

В.Я. ВАРГАШКИН

## МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ТУННЕЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА ЧЕРЕЗ СМАЗОЧНУЮ ПЛЕНКУ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ ОПОР КАЧЕНИЯ С ЖИДКОСТНОЙ И ПОЛУЖИДКОСТНОЙ СМАЗКОЙ

**Аннотация:** *Представлена модель формирования дрейфового тока в технологических смазочных пленках высокочастотных трибосопряжений с жидкостной и полужидкостной смазкой, как следствия*

реализации туннельного эффекта. Показано, что туннельный ток существенным образом зависит от всплесков температуры в нагруженных зонах. При этом он оказывает влияние на результаты оценивания технического состояния опор качения. Модель может быть использована в целях технического диагностирования, а также снижения скорости изнашивания опор качения.

**Ключевые слова:** опоры качения, смазочные пленки, туннельный эффект, жидкостное трение, граничное трение, изнашивание, техническое диагностирование, технический контроль, контролируемая величина, фактор влияния.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по триботехнике: в 3 т. / Под общ. ред. М. Хебды, А. В. Чичинадзе Т. 1: Теоретические основы / [Э. Д. Браун и др. (СНГ), Х. Кшеминьский–Фреда и др. (Польша)].–М.: Машиностроение, 1989.–400 с.
2. Справочник по триботехнике: в 3 т. / Под общ. ред. М. Хебды, А. В. Чичинадзе Т. 2: Смазочные материалы, техника смазки, опоры скольжения и качения / [Э. Д. Браун и др. (СНГ), Х. Кшеминьский–Фреда и др. (Польша)].–М.: Машиностроение, 1990.–416 с.
3. А.с. СССР 769357, МКИ<sup>3</sup> G 01 B 7/14. Способ контроля толщины диэлектрической смазки в подшипнике / Е.М.Санько, В.А.Широва.–Опубл. 07.10.80.–Бюл. № 37.
4. Подмастерьев, К.В. Установка для диагностики подшипников качения: Информ. листок № 44–07 / Центр научно–технической информации.–Орел, 1985.– 4 с.
5. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. / Под общ. Ред. В.В.Клюева.–Т. 5: В 2 кн.: Кн. 2: К.В.Подмастерьев, Ф.Р.Соснин, С.Ф.Корндорф, Т.И.Ногачёва, Е.В.Пахолкин, Л.А.Бондарева, В.Ф.Мужицкий. Электрический контроль.–2–е изд., испр.–М.: Машиностроение, 2006.–688 с.: ил и цветная вкладка 24 с.
6. Бударин, В.А. Метод расчета движения жидкости. – Одесса: Астропринт, 2006. 138 с.
7. Воронцов, Л.Н. Приборы автоматического контроля размеров в машиностроении: [Учеб. пособие для вузов].–М.: Машиностроение, 1988.– 279, [1] с.
8. Non-destructive testing and diagnostics: Edited by V.V.Klyuev and G.V.Zusman.–Russian Society for Nondestructive Testing and Technical Diagnostics: Moscow, Russia; Metrix Instruments Co, Houston, USA, 2004.–656 p.
9. А.с. СССР 1513384, МКИ<sup>3</sup> G 01 M 13/04. Способ оценки состояния смазочной пленки подшипников качения / С.Ф.Корндорф, Т.И.Ногачева, В.Я.Варгашкин.–Опубл. 7.10.87.–Бюл. № 37.
10. А.с. СССР 1691701, МКИ<sup>3</sup> G 01 M 13/04. Устройство для контроля подшипников качения / С.Ф.Корндорф, В.Я.Варгашкин.–Опубл. 16.11.91.–Бюл. № 42.
11. Яворский, Б. М. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов. –М.: Оникс, 2007. –С. 774.
12. Griffiths, David J. Introduction to Quantum Mechanics (2nd ed.). — Pearson Education International, 2005. – 484 p.
13. Блинов, А.Ф. Оценка возможности определения работоспособности подшипников качения // Стандартизация и измерительная техника: Труды / Красноярск: Красноярский политехнический институт, 1978.–Вып. 4.–С. 85 – 90.
14. Электрические методы трибодиагностики: учеб. пособие для вузов / К.В.Подмастерьев, Е.В.Пахолкин.–Орел: изд–во ОрлГТУ, 2010.–114 с.
15. Подмастерьев, К.В. Электрические методы комплексного дигностирования опор качения.–М.: Машиностроение – 1, 2001.–376 с.: ил.
16. Воронцов, Л. Н. Теория и проектирование контрольных автоматов: Учебное пособие для вузов.–М.:, 1980.–560 с., ил.
17. А.с. СССР 1707497, МКИ<sup>3</sup> G 01 M 13/04. Способ контроля качества рабочих поверхностей подшипников качения / С.Ф.Корндорф, К.В.Подмастерьев, М.Г.Захаров, В.Я.Варгашкин.–Опубл. 23.01.90.–Бюл. № 3.
18. А.с. СССР 4769357, МКИ<sup>3</sup> G 01 M 13/04. Устройство для контроля подшипниковых узлов / С.Ф.Корндорф, К.В.Подмастерьев, В.Я.Варгашкин.–Опубл. 27.03.93.–Бюл. № 9.
19. Razavy, Mohsen. Quantum Theory of Tunneling. — World Scientific, 2003. –P. 4, 462.
20. Шешин, Е. П. Структура поверхности и автоэмиссионные свойства углеродных материалов.–М.: Издательство МФТИ, 2001. – 288с.
21. Шредник, В. Н. Автоэлектронная эмиссия // Физическая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1988. –Т. 1.– С. 21.
22. Справочник по триботехнике: в 3 т. / Под общ. ред. М. Хебды, А. В. Чичинадзе Т. 3: Триботехника антифрикционных, фрикционных и сцепных устройств. Методы и средства триботехнических испытаний / [Э. Д. Браун и др. (СНГ), Х. Кшеминьский–Фреда и др. (Польша)]. – 1992. – 730 с., [3] л. ил.

#### Варгашкин Владимир Яковлевич

ФГБОУ ВПО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроника, вычислительная техника и системы связи» института приборостроения, автоматизации и информационных технологий  
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95

Тел. +7–(920)–088–81–27

E–mail: finstp@bk.ru

V.Ya. VARGASHKIN

## THE MECHANISM OF FORMATION OF THE TUNNEL COMPONENT OF ELECTRIC CURRENT THROUGH THE LUBRICANT FILM AT DIAGNOSING OF BALL-BEARING WITH LIQUID AND SEMI-LIQUID LUBRICANT

**Abstract:** *The model of formation of drift current in technological lubricant films of high-frequency ball-bearings with liquid and semi-liquid lubricant as consequences of realization of tunneling effect is presented. It is shown that tunnel current significantly depends on flashes of temperature in the forced zones of ball-bearing. At the same time he exerts impact on results of control of technical condition of ball-bearings. The model can be used for technical diagnosing of ball-bearings and also for reduction in the rate of their wear in the conditions of their operation.*

**Keyword:** *ball-bearing, lubricant films, tunnel effect, liquid friction, boundary friction, wear, technical diagnosing, technical control, controlled size, influence factor.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Spravotshnik po tribotechnike: V 3 t. / Pod obstsh. red. M. Khebdy, A.V.Tshitshnadze T. 1: Teoretitsheskiye osnovy / [E. D.Braun i dr. (SNG), Kh. Ksheminskyi – Freda i dr. (Polsha)].–M.: Mashinostroyeniye, 1989.–S. 400.
2. Spravotshnik po tribotechnike: V 3 t. / Pod obstsh. red. M. Khebdy, A.V.Tshitshnadze T. 2: Smazotshnye maaterialy, tekhnika smazki, opory katcheniya i skolzheniya, / [E. D.Braun i dr. (SNG), Kh. Ksheminskyi – Freda i dr. (Polsha)].–M.: Mashinostroyeniye, 1990.–S 416.
3. A.s. SSSR 769357, MKI<sup>3</sup> G 01 B 7/14. Sposob kontrolya tolshtshiny dielektritshkoq smazki v podshipnike / E.M.Sanko, V.A.Shirova.–Opubl. 07.10.80.–Bul. № 37.
4. Podmasterev K.V. Ustanovka dlya diagnostiki podshipnikov katsheniya: Inform. Listok № 44–07 / Tsentr nautshno – tekhnitsheskoy informatsii.–Oryol, 1985.– S 4.
5. Nerazrushayustshiy kontrol: Spravotshnik: V 8 T. / Pod. Obshtsh. red. V.V.Klyuyeva.–T. 5: V 2 kn.: Kn. 2: K.V.Podmasteryev, F.R.Sosnin, S.F.Korndorf, T.I.Nogatshyeva, E.V.Pakholkin, L.A.Bondareva, V.F.Muzhitskiy. Elektritsheskiy kontrol.–2–ye izd., ispr.–M.: Mashinostroyeniye, 2006.–S. 688: il. I tsvetnaya vkladka S 24.
6. Budarin V.A. Method rastshyota dvizheniyz zhidkosti. – Odessa: Astroprint, 2006. S. 138.
7. Vorontsov L.N., Korndorf S.F.. Pribory avtomatitsheskogo kontrolya v mashinostroyenii: [Utsheb. Possobiye dlya vtuzov].–M.: Mashinostroyeniye, 1988.–S 279, [1].
8. Non-destructive testing and diagnostics: Edited by V.V.Klyuev and G.V.Zusman.–Russian Society for Nondestructive Testing and Technical Diagnostics: Moscow, Russia; Metrix Instruments Co, Houston, USA, 2004.–656 p.
9. A.s. SSSR 1513384, MKI<sup>3</sup> G 01 M 13/04. Sposob otsenki sostoyaniya smazotshnoy plyonki podshipnikov katsheniya / S.F.Korndorf, T.I.Nogatshyeva, Vladimir Ya.Vargashkin.–Opubl. 7.10.87.–Bul. № 37.
10. A.s. SSSR 1691701, MKI<sup>3</sup> G 01 M 13/04. Ustroystvo dlya kontrolya podshipnikov katsheniya / S.F.Korndorf, Vladimir Ya.Vargashkin.–Opubl. 16.11.91.–Bul. № 42.
11. Yavorskiy B.M., Detlaf A.A., Lebedev A.K. Spravotshnik po fizike dlya inzhenerov I studenov vuzov.–M.: Oniks, 2007. –S. 774.
12. Griffiths, David J. Introduction to Quantum Mechanics (2nd ed.). — Pearson Education International, 2005. – 484 p.
13. Blinov A.F., Korndorf S.F., Shirova V.A. Otsenka vozmozhnosti opreredeleniya rabotospossonosti podshipnikov katsheniya // Standartizatsiya u izmeritelnaya tekhnika: Trudy / Krasnoyarsk: Krasnoyarskiy politekhnitsheskiy institut, 1978.–Vyp. 4.–S. 85 – 90.
14. Elektritsheskiye metogy tribodiagnostiki: Utshebnoye possobiye dla vuzov / K.V.Podmasteryev, E.V.Pakholkin.–Oryol: izdatelstvo OryolGTU, 2010.–S 114.
15. Podmasteryev K.V. Elektritsheskiye metody kompleksnogo diagnostirovaniya podshipnikov katsheniya.–M.: Mashinostroyeniye – 1, 2001.–S 376: il.
16. Vorontsov L.N., S.F.Korndorf, Yruten V.A., Fedotov A.V. Teoriya I proyektirovaniye kontrolnykh avtomatov: Utshebnoye possobiye dla vuzov.–M.: 1980.–S 560, il.
17. A.c. CCCP 1707497, MKI<sup>3</sup> G 01 M 13/04. Sposob kontrolya katshestva rabotshikh poverkhnostey podehipnikov katsheniya / S.F.Korndorf, K.V.Podmasteryev, M.G.Zakharov, Vladimir Ya.Vargashkin.–Opubl. 23.01.90.– Bul. № 3.
18. A.s. SSSR 4769357, MKI<sup>3</sup> G 01 M 13/04. Ustroystvo dlya kontrolya podshipnikovykh uzlov / S.F.Korndorf, K.V.Podmasteryev, Vladimir Ya.Vargashkin.–Opubl. 27.03.93.–Bul. № 9.
19. Razavy, Mohsen. Quantum Theory of Tunneling. — World Scientific, 2003. –P. 4, 462.
20. E. P. Sheshin. Struktura poverkhnosti I avtoemissionnyye svoystva uglerodistykh materialov.–M.: Izdatelstvo MFTI, 2001. –S 288.
21. Shrednik V.N. Avtoelektronnaya emissiya // Fizitsheskaya entsiklopediya.–M.: Sovetskaya entsiklopediya, 1988. –T. 1. –S. 21.
22. Spravotshnik po tribotekhnike: V 3 t. / Pod obstsh. red. M. Khebdy, A.V.Tshitshnadze T. 3: Tribotekhnika antifriktsionnykh. Friktsionnykh I stsepykh ustreoystv. Metody I sredstva tribotekhnitsheskikh ispytaniy / [E. D.Braun i dr. (SNG), Kh. Ksheminskyi – Freda i dr. (Polsha)].–M.: Mashinostroyeniye, 1992. – S. 730, [3] l. il.

**Vargashkin Vladimir Yakovlevitsh**

Oryol State University named after I.S. Tourgueniev

PhD, Docent, Associate Professor associate professor of chair «Electronics, Radio technics and Communication systems» of Institute of Devices Making, Automatics and Information Technologies

95, str. Komsomolskaya, Oryol, 302026, Russia

Ph.: +7-(920)-088-81-27

E-mail: finstp@bk.ru

УДК 004.4:622.691.4.054

Е.В. СЕМИНА

## **К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ**

**Аннотация.** *Использование современных геоинформационных технологий при разработке схем газоснабжения и газификации регионов дает возможность формирования базы для создания единой геоинформационной системы по объектам газораспределения России, что позволит значительно увеличить эффективность принятия решений по развитию сетевого газоснабжения и газификации регионов страны.*

**Ключевые слова:** *генсхема, газораспределение, газоснабжение, газификация, регион.*

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. СП 62.13330.2011. Газораспределительные системы.
2. СТО Газпром 2-2.3-670-2012. Правила разработки, утверждения генеральных схем, проектной документации на строительство систем газораспределения.
3. Королев, Ю.К. ГИС и инженерные коммуникации: общие положения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rtv.kiev.ua/ecommm/GIS/FM/fm.htm>, свободный. – Загл. с экрана.
4. ГОСТ Р 51606-2000. Карты цифровые топографические. Система классификации и кодирования цифровой картографической информации.

**Семина Елена Викторовна**

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел

кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Вычислительная техника и информационные технологии» ФСПО

302030, г. Орел, ул. Московская, 34

Тел. 8-953-474-64-76

E-mail: E.V.Semina@mail.ru

---

E. V. SEMINA

## **TO THE ISSUE OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF MANAGEMENT OF THE NATIONAL GAS SUPPLY SYSTEM FUNCTIONING**

**Abstract.** *The use of modern digital technologies in developing of schemes of gas supply and distribution in regions provides an opportunity for building a base for creating unified Geographic Information System by object of gas distribution facilities of Russia, which will significantly increase the effectiveness in decision-making in development of gas supply and gasification in the regions.*

**Keywords:** *general scheme, gas distribution, gas supply, gasification, regions.*

### **BIBLIOGRAPHY**

1. SR 62.13330.2011 (SP – Set of Rules). Gas distribution systems.
2. The Gasprom standard 2-2.3-670-2012. The rules for the development, approved by the General schemes, construction documents for the construction of gas distribution systems.
3. Korolev, U.K. GIS and engineering communication: general provisions. [Electronic resource]. – Access mode: <http://rtv.kiev.ua/ecommm/GIS/FM/fm.htm>, free access.

4. GOST R 51606–2000 (GOST R – State Standard, Russian National Standard). Digital topographic maps. Classifying and encoding system for digital cartographic information. General requirements.

**Semina Elena Victorovna**

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

PhD in Engineering, Lecturer of Department of Computer Science and Information Technology

302030, Orel, Moskovskaya St., 34

Ph.: 8–953–474–64–76

E–mail: E.V.Semina@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. Подрисуночные надписи выполнять шрифтом **Times New Roman, 10 пт, полужирным, курсивным**, в конце точка не ставится.

- Рисунки с подрисуночной 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](mailto: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: [tiostu@mail.ru](mailto:tiostu@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 25.10.2018 г.  
Дата выхода в свет  
Формат 60x88 1/8. Усл. печ. л. 11,19.  
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