

ISSN 2073-7408

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ  
И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ**

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**6 (356) 2022**

**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.

Поляков Р.Н. 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)  
Дунаев А.В. д-р техн. наук, доц. (Россия)  
Дьяконов А.А. д-р техн. наук, проф. (Россия)  
Емельянов С.Г. д-р техн. наук, проф. (Россия)  
Запемель 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)  
Осадчий В.Я. д-р техн. наук, проф. (Россия)  
Пылипенко О.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)  
Распопов В.Я. д-р техн. наук, проф. (Россия)  
Савин Л.А. д-р техн. наук, проф. (Россия)  
Смоленцев В.П. д-р техн. наук, проф. (Россия)  
Солдаткин 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, Орловская обл., г. Орел, ул.  
Московская, 34  
+7 (905) 169 88 99  
<https://oreluniver.ru/science/journal/fippt>  
E-mail: [radsu@rambler.ru](mailto:radsu@rambler.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»  
на сайтах [www.ppressa-rg.ru](http://www.ppressa-rg.ru) и [www.aks.ru](http://www.aks.ru)  
© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2022

Журнал индексируется в системе Российского индекса научного цитирования РИНЦ, а также в международных системах Chemical Abstracts и Google Scholar.

В соответствии с письмом ВАК от 06.12.2022 №02-1198 «О Перечне рецензируемых научных изданий», журнал «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии» как издание, входящее в международную базу данных Chemical Abstracts, приравнивается к изданиям категории К1.

Журнал входит в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» ВАК по следующим группам научных специальностей: 05.02.02. Машиноведение системы приводов и детали машин (технические науки), 05.02.18. Теория механизмов и машин (технические науки), 05.02.23. Стандартизация и управление качеством продукции (технические науки), 2.2.4. Приборы и методы измерения (по видам измерений) (технические науки), 2.2.5. Приборы навигации (технические науки), 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки), 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы (технические науки), 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки), 2.5.3. Трение и износ в машинах (технические науки), 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы (технические науки), 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки), 2.5.6. Технология машиностроения (технические науки), 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением (технические науки).

## Содержание

### Теоретическая механика и ее приложения

Шоркин В.С., Вильчевская Е.Н., Ромашин С.Н., Хорошилова М.В. Метод определения повреждений в упругом материале..... 3

### Механика деформируемого твердого тела, динамика и прочность

Воробьев В.И., Злобин С.Н., Измеров О.В., Копылов С.О., Крыгина Е.П. Анализ способов обнаружения бокового локмотива ..... 14  
Тихомиров В.П., Измеров М.А., Горностаева А.Г. Численно-экспериментальный метод оценки контактной жесткости плоского стыка ..... 23

### Машиностроительные технологии и оборудование

Кудрявцев С.В., Тарапанов А.С. Анализ и управление процессом разветвления при применении нанопокртытий ..... 32  
Землянушинов Н.А., Землянушинова Н.Ю., Дорохов Д.О. Теоретическое исследование влияния дробеотной обработки на изменение геометрических параметров пружин при контактном заневоливании ..... 38  
Барсуков Г.В., Степанов Ю.С., Белкин Е.А., Фроленкова Л.Ю., Кожус О.Г., Бобрик А.И. Реализация эффективного численного метода расчета шероховатости поверхности детали после абразивной обработки в виде комплекса программ для проведения вычислительного эксперимента ..... 48  
Барсуков Г.В., Кожус О.Г., Шоркин В.С., Якушина С.И. Особенности математического моделирования адгезии покрытия и абразивных зерен при проектировании процесса гидроабразивной резки ..... 56

### Машиноведение и мехатроника

Горин А.В., Родичев А.Ю., Якунина М.А., Серебренников А.Д. Исследование работы импульсного гидравлического привода при изменении температуры рабочей жидкости.... 63  
Бондаренко М.Э., Поляков Р.Н., Токмакова М.А., Родичева И.В. Диагностика комбинированного подшипникового узла с лепестковым газодинамическим подшипником ..... 69  
Савин Л.А., Шутин Д.В., Казаков Ю.Н., Ли Шэнбо Задачи структурного синтеза триботронных опорных узлов ..... 76  
Фетисов А.С., Шутин Д.В., Сметанин М.Н., Настепанин К.К. Экспериментальный анализ точности определения положения ротора в опорах жидкостного трения ..... 85  
Родичев А.Ю., Поляков Р.Н., Васильев К.В., Минаева Е.М. Исследование возможности применения искусственных нейронных сетей для диагностики роторно-опорных узлов..... 91

### Приборы, биотехнические системы и технологии

Петренко А.А., Кубланов В.С. Применение нейроэлектростимуляции для улучшения параметров рабочей памяти и внимания ..... 96  
Брянская Е.О. Возможности применения сверточных нейронных сетей для классификации состояний верхнечелюстных пазух при цифровой диафаноскопии.. 106  
Бондарева Л.А., Селихова В.Д. Искусственный микроклимат как средство противодействия распространению инфекций и поддержания комфорта человека.. 112  
Костенкова М.Ю., Сидорова М.А. Автоматизированный контроль состояния пациентов с помощью методов когнитивной графики в отделениях реанимации ..... 122

### Контроль, диагностика, испытания и управление качеством

Качанов А.Н., Каменский В.В., Качанов Н.А. Методика контроля электромагнитной обстановки в санитарно-охранной зоне воздушной линии электропередачи ..... 130

### Материалы международной научно-технической конференции «Динамика, надежность и долговечность механических и биомеханических систем»

Годжаев З.А., Малахов И.С. Применение адаптивных ходовых систем поддресоривания МЭС для снижения виброактивности от опорной поверхности ..... 138  
Тийгисте Р.Д., Аблаев А.Р. Анализ использования на судах кожухотрубчатых теплообменных аппаратов ..... 143  
Голенков В.А., Радченко С.Ю., Дорохов Д.О. Влияние истории деформирования и режимов термической обработки на механические свойства никелевых лент толщиной 0,05 мм ..... 149  
Стреляная Ю.О. Обеспечение стабильности параметров качества деталей на тяжелых токарных станках за счет применения системы динамической стабилизации ..... 157  
Бохонский А.И., Варминская Н.И., Рыжкова Н.П. Исследование нелинейных колебаний физического маятника волновой энергоустановки ..... 165  
Васютенко А.П., Балакин А.И. Индуктивная измерительная система к плоскошлифовальному станку ..... 171  
Ефремова Л.С., Чемакина Т.Л., Кузьмина А.В. Сравнение производственных мощностей промышленных предприятий региона ..... 177  
Круговой А.Н. Исследование процессов деформации грудной клетки при сердечно-легочной реанимации ..... 187  
Неменко А.В., Никитин М.М. Длительный прогноз безотказной финишной обработки детали. 192

## 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.

Polyakov R.N. 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)

Dunaev A.V. Doc. Sc. Tech., Assist. 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 Shengbo. Cand. Sc. Tech., Assist. Prof. (China)

Mirsalimov V.M. Doc. Sc. Ph. – Math., Prof. (Azerbaijan)

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

Pilipenko O.V. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

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

Savin L.A. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Smolenzev 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, Oryol region, Oryol, st.

Moskovskaya, 34

+7 (905) 169 88 99

<https://oreluniver.ru/science/journal/fipptt>

E-mail: [radsu@rambler.ru](mailto:radsu@rambler.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

on the websites [www.pressa-rrf.ru](http://www.pressa-rrf.ru)

and [www.aks.ru](http://www.aks.ru)

© Orel State University, 2022

The journal is indexed in the system of the Russian Science Citation Index (RSCI), and also in international systems **Chemical Abstracts** and **Google Scholar**.

In accordance with the letter of the Higher Attestation Commission dated December 6, 2022 No. 02-1198 "On the List of Peer-Reviewed Scientific Publications", the journal **Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology**, as a publication included in the international **Chemical Abstracts** database, is equated to publications of the K1 category.

## Contents

### Theoretical mechanics and its applications

Sorkin V.S., Vilchevskaya E.N., Romashin S.N., Khoroshilova M.V. Method for determining damage in elastic material ..... 3

### Mechanics of deformable solids, dynamics and strength

Vorobyev V.I., Zlobin S.N., Izmerov O.V., Kopylov S.O., Krygina E.P. Analysis of methods for detecting locomotive boxing ..... 14

Tikhomirov V.V., Izmerov M.A., Gornostaeva A.G. Numerical-experimental method of estimation contact stiffness of flat joint ..... 23

### Machine-building technologies and equipment

Kudryavtsev S.V., Tarapanov A.S. Analysis and control of the reaming process in using of nanocoatings ..... 32

Zemlyanushnov N.A., Zemlyanushnova N.Y., Dorohov D.O. Theoretical study of shot blasting effect on change springs geometric parameters during contact predeformation ..... 38

Barsukov G.V., Stepanov Yu.S., Belkin E.A., Frolenkova L.Yu., Kozhus O.G., Bobrik A.I. Implementation of an effective numerical calculation method surface roughness of the part after abrasive processing in the form of a set of programs for conducting computational experiment ..... 48

Barsukov G.V., Kozhus O.G., Shorkin V.S., Yakushina S.I. Features of mathematical modeling of adhesion coatings and abrasive grains in designing the process of waterjet cutting ..... 56

### Machine Science and Mechatronics

Gorin A.V., Rodichev A.Yu., Yakunina M.A., Serebrenikov A.D. Simulation of a rotor support assembly with pilot conical bearing ..... 63

Bondarenko M.E., Polyakov R.N., Tokmakova M.A., Rodicheva I.V. Diagnostics of a combined bearing assembly with a lobed gas dynamic bearing ..... 69

Savin L.A., Shutin D.V., Kazakov Y.N., Li Shengbo Problems of structural synthesis of tribotronic bearings ..... 76

Fetisov A.S., Shutin D.V., Smetanin M.N., Nastepanin K.K. Experimental analysis of the accuracy of determination the rotor position in sliding bearings ..... 85

Rodichev A.Yu., Polyakov R.N., Vasiliev K.V., Minaeva E.M. Investigation of the possibility of using artificial neural networks for the diagnosis of rotary support nodes ..... 91

### Devices, biotechnical systems and technologies

Petrenko A.A., Kublanov V.S. Neuroelectrostimulation as a method of increasing working memory and attention parameters ..... 96

Bryanskaya E.O. Possibilities of using convolutional neural networks to classify the states of the maxillary sinuses in digital diaphanoscopy ..... 106

Bondareva L.A., Selikhova V.D. Artificial microclimate as a means of countering the spread of infections and maintaining human comfort ..... 112

Kostenkova M.Yu., Sidorova M.A. Automated patient control using cognitive graphics methods in the ICU ..... 122

### Monitoring, Diagnostics, Testing and Quality Management

Kachanov A.N., Kamensky V.V., Kachanov N.A. Method of monitoring the electromagnetic situation in the sanitary protection zone of the overhead power line ..... 130

### Materials of the international scientific and technical conference «Dynamics, reliability and durability of mechanical and biomechanical systems»

Godzhaev Z.A., Malakhov I.S. Application of adaptive MEV undercarriage systems to reduce vibration activity from the bearing surface ..... 138

Tigiste R.D., Ablaev A.R. Analysis of vessels shell and tube heat exchangers using ..... 143

Golenkov V.A., Radchenko S.Y., Dorohov D.O. Influence of the history of deformation and heat treatment modes on the mechanical properties of 0.05 mm thick nickel tapes ..... 149

Strelyanaya Yu.O. Ensuring the stability of the quality parameters of parts on heavy lathing machines through the application of the dynamic stabilization system ..... 157

Bokhonsky A.I., Varminskaya N.I., Ryzhkova N.P. Study of nonlinear oscillations of the physical pendulum of a wave power facility ..... 165

Vasyutenko A.P., Balakin A.I. Inductive measuring system to flat-grinding machine ..... 171

Efremova L.S., Chemakina T.L., Kuzmina A.V. Comparison of production capacities of shipbuilding companies in the Crimea ..... 177

Krugovoy A.N. Investigation of the processes of deformation of the chest during cardiopulmonary resuscitation ..... 187

Nemenko A.V., Nikitin M.M. Long-term prediction of a fail-free finishing of a part ..... 192

The journal is included in the «List of peer-reviewed scientific publications in which the main scientific results of dissertations for obtaining the scientific degree of the candidate of sciences, for the academic degree of the doctor of sciences» of the Higher Attestation Commission for the following groups of scientific specialties:

**05.02.02.** Mechanical engineering of drive systems and machine parts (technical sciences), **05.02.18.** Theory of mechanisms and machines (technical sciences), **05.02.23.** Standardization and product quality management (technical sciences), **2.2.4.** Instruments and measurement methods (by types of measurements) (technical sciences), **2.2.5.** Navigation devices (technical sciences), **2.2.8.** Methods and devices for monitoring and diagnosing materials, products, substances and the natural environment (technical sciences), **2.2.11.** Information-measuring and control systems (technical sciences), **2.2.12.** Devices, systems and products for medical purposes (technical sciences), **2.5.3.** Friction and wear in machines (technical sciences), **2.5.4.** Robots, mechatronics and robotic systems (technical sciences), **2.5.5.** Technology and equipment for mechanical and physical-technical processing (technical sciences), **2.5.6.** Engineering technology (technical sciences), **2.5.7.** Technologies and machines for forming (technical sciences).

В.С. ШОРКИН, Е.Н. ВИЛЬЧЕВСКАЯ, С.Н. РОМАШИН, М.В. ХОРОШИЛОВА

## **МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ В УПРУГОМ МАТЕРИАЛЕ**

**Аннотация.** В работе предложен метод определения распределения определенного вида повреждений – плоских дефектов, на которых сохраняется непрерывность поля перемещений и классических напряжений, но нарушается непрерывность поля градиентов перемещений. Предполагается, что такие дефекты возникают в металлах на межзеренных границах их структуры как при упрочнении, так и при изменении напряженно-деформированного состояния. В основе метода лежит предположение о том, что в этих условиях наличие дефектов снижает потенциальную энергию по сравнению с состоянием в их отсутствии. Предложенный метод построен на основе локального приближения нелокальной модели однородных изотропных упругих сред. Нелокальная модель базируется на учете парных и тройных потенциальных взаимодействий бесконечно малых частиц сплошной среды на конечных расстояниях. Параметры потенциалов связаны аналитическими выражениями с материальными характеристиками материала в локальном приближении и могут быть определены на основании данных экспериментов. Это дает возможность использовать результаты данной работы в практических расчетах.

**Ключевые слова:** упрочнение, фазовый переход, изменение свойств, дефект, поврежденность, нелокальная и локальная теории, межчастичные потенциальные взаимодействия.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Gryadunov I. M, Golenkov V. A., Pilipenko O. V., Radchenko S. J. Hardening Treatment by Plastic Deformation under Conditions of the Integrated Local Loading of a Deformation Zone // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – V. 12, N. 21. – pp. 11094-11100.
2. Колупасова С.Н., Ерыгина Е.В., Ковалевская Т.А., Попов Л.Е. Качественное исследование эволюции дефектной подсистемы гетерогенных сплавов с некогерентной упрочняющей фазой при интенсивных воздействиях // Физическая мезомеханика. – 2000. – Т. 3, № 7. – С. 63 – 79.
3. Anderson T.L. Fracture Mechanics: Fundamentals and Applications. – Boca Raton: CRC Press. – 1991. – 793 с.
4. Эволюция фазового состава, дефектной структуры, внутренних напряжений и перераспределение углерода при отпуске литой конструкционной стали / Э.В. Козлов, Н.А. Попова, О.В. Кабалина, С.И. Климашин, В.Е. Громов; СибГИУ. - Новокузнецк, 2007. – 177 с.
5. Гринфелд М.А. Методы механики сплошных сред в теории фазовых превращений. М.: Наука, 1990. 312 с.
6. Телятник Р.С., Осипов А.В., Кукушкин С.А. Релаксация деформаций несоответствия за счет пор и отслоений и условия образования дислокаций, трещин и гофров в эпитаксиальной гетероструктуре AlN(0001)/SiC/Si(111) // Физика твердого тела. - 2015. - Т. 57, В. 1. - С. 153 – 162.
7. Скиба Н.В. Зернограничные механизмы релаксации напряжений несоответствия в нанокристаллических пленках и покрытиях // Materials Physics and Mechanics. – 2014. – Т. 19. – С. 68-87.
8. М. Yu. Gutkin, I.A. Ovidko. Defect structures on inner interfaces in nanocrystalline and polycrystalline films // Mater. Phys. Mech. – 2009.- Vol. 8, No. 2. - p. 108-148.
9. Vilchevskaya E., Freidin A. On phase transformations of an inclusion in an external strain\_eld // Proceedings Advanced Problems in Mechanics APM 2004. Russian Academy of Sciences, IPME RAS, 2004. P. 447\_454.
10. Filippov R. A., Freidin A.B., Vilchevskaya E.N. On new phase intermediate layer in nanocomposites as a source of increasing the elastic moduli // Nanosystems: physics, chemistry, mathematics. – 2011. - N. 2, No 2. - p. 107–118.
11. Volegov, P. S., Gribov, D. S., Trusov, P. V., 2015, Damage and fracture: classical continuum theories // Physical Mesomechanics. - 2017. - V 20, I 2/- p. 157–173.
12. Аптиков В. Н. Модель упруго - поврежденной ортотропной среды // Вестник пермского университета. Математика. Механика. Информатика. – 2007. – Т. 12, В. 7. – С. 84 – 90.
13. Эшелби Дж. Континуальная теория дислокаций. – М.: Изд-во иностр. лит. - 1963. – 248 с.
14. Метод эффективного поля в механике композитных материалов/ С. К. Канаун, В. М. Левин; Петрозаводский гос. ун-т. Петрозаводск, 1993. 600 с.
15. Kachanov M., Sevostianov I. Effective properties of heterogeneous materials. - Dordrecht: Springer, 2013.
16. Качанов Л.М. Основы механики разрушения. – М.: Наука, 1974. – 311 с.
17. Работнов Ю.Н. О механизме длительного разрушения // Вопросы прочности материалов и конструкций. М.: Изд-во АН СССР, 1959. - С. 5 –7. Работнов Ю.Н. О разрушении твердых тел // Проблемы механики твердого деформируемого тела. – Л.: Судостроение, 1970. – С. 66 – 70.

18. Еремеев В.А., Фрейдин А.Б., Шарипова Л.Л. О центрально-симметричных двухфазных полях деформаций // Проблемы механики деформируемого твердого тела. Межвуз. сб-к к 70-летию акад. Морозова Н.Ф. СПб: Изд-во СПб ун-та. 2002. С. 111 - 122.
19. Белов П.А., Лурье С.А. К общей геометрической теории дефектных сред // Физическая мезомеханика. - 2007. - Т. 10. № 6. - С. 49 - 61.
20. Белов П. А., Лурье С. А. Математическая теория дефектных сред. – Palmarium Academic Publishing Германия. 2014. – 336 с.
21. Колесникова А.Л., Сорока Р.М., Романов А.Е. Дефекты в континуальной упругой среде: классификация, поля и физические аналогии // Material Physics and Mechanics, 17 (2013) 71 – 91.
22. Shorkin V. S., Presnetsova V. Yu., Presniakov V. V., Frolenkova L. Yu., Yakushina S. I. Initial Damage of Composite Materials // New Achievements in Continuum Mechanics and Thermodynamics Part of the Advanced Structured Materials book series (STRUCTMAT, v 108) - 2019 - pp 475-487.
23. Presnetsova V. Yu., Romashin S. N., Frolenkova L. Yu., Shorkin V. S., Yakushina S. I. A variant of the description of the adhesion interaction in the probe-sample system of an atomic force microscope // Nanoscience and Technology: An International Journal, V. 9, Iss. 4, pp. 299-323, 2018. DOI: 10.1615/NanoSciTechnolIntJ.2018026714.
24. Romashin, S.N., Shorkin, V.S. Variant of the Relationship between the Mechanical and Adhesive Properties of Solid Materials. *Mech. Solids* 55, 1392–1405 (2020). <https://doi.org/10.3103/S0025654420080233>.
25. P.K. Valavala, G. M. Odegard and E. C. Aifantis. Influence of representative volume element size on predicted elastic properties of polymer materials // Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering, Volume 17, Number 4 Citation P K Valavala *et al* 2009 Modelling Simul. Mater. Sci. Eng. 17 045004. Pp. 1 – 15.
26. Локотошенко А.М. Применение кинетической теории при анализе длительного высокотемпературного разрушения металлов в условиях сложного напряженного состояния (обзор) // Прикладная механика и техническая физика. – 2012. – Т. 53, № 4. – С. 149 – 164.
27. Фроленкова Л.Ю., Шоркин В.С. Поверхностная энергия и энергия адгезии упругих тел // Изв. РАН. МТТ. – 2017. – № 1. – С. 76-91.
28. Vilchevskaya E., Freidin A. On phase transformations of an inclusion in an external strain field // Proceedings Advanced Problems in Mechanics APM 2004. \_ Russian Academy of Sciences, IPME RAS, 2004. \_ P. 447-454.

### **Шоркин Владимир Сергеевич**

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»  
Доктор физико-математических наук, профессор,  
научный сотрудник НОЦ «Математическое  
моделирование процессов городской среды»  
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29  
Тел. (4862) 41-98-48  
E-mail: v.s.shorkin@yandex.ru

### **Вильчевская Елена Никитична**

Институт проблем машиноведения РАН, г. Санкт-Петербург. Доктор физико-математических наук. Ведущий научный сотрудник. 199178, г. Санкт-Петербург, Большой пр. В.О., 61 Тел. +7-812-3214780 E-mail: vilchevska@gmail.com

### **Ромашин Сергей Николаевич**

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»  
Кандидат физико-математических наук, доцент  
кафедры технической физики и математики  
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29  
Тел. (4862) 41-98-48  
E-mail: sromashin@yandex.ru

### **Хорошилова Маргарита Вячеславовна**

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»  
Кандидат физико-математических наук, доцент  
кафедры технической физики и математики  
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29  
Тел. (4862) 41-98-48  
E-mail: hamster08@yandex.ru

---

V.S. SORKIN, E.N. VILCHEVSKAYA, S.N. ROMASHIN, M.V. KHOROSHILOVA

## **METHOD FOR DETERMINING DAMAGE IN ELASTIC MATERIAL**

**Abstract.** *The paper proposes a method for determining the distribution of a certain type of damage - flat defects, on which the continuity of the displacement field and classical stresses is preserved, but the continuity of the displacement gradient field is violated. It is assumed that such defects arise in metals at the grain boundaries of their structure both during hardening and during a change in the stress-strain state. The method is based on the assumption that, under these conditions, the presence of defects reduces the potential energy compared to the state in their absence. The proposed method is based on the local approximation of a nonlocal model of homogeneous isotropic elastic media. The nonlocal model is based on taking into account pair and triple potential interactions of infinitely small particles of a continuous medium at finite distances. The potential parameters are related by analytical expressions to the material characteristics of the material in the local approximation and can be determined on the basis of experimental data. This makes it possible to use the results of this work in practical calculations.*

**Keywords:** *hardening, phase transition, change in properties, defect, damage, non-local and local theories, interparticle potential interactions.*

## **BIBLIOGRAPHY**

1. Gryadunov I. M., Golenkov V. A., Pilipenko O. V., Radchenko S. J. Hardening Treatment by Plastic Deformation under Conditions of the Integrated Local Loading of a Deformation Zone // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – V. 12, N. 21. – pp. 11094-11100.

2. Kolupaeva S.N., Erygina E.V., Kovalevskaya T.A., Popov L.E. Kachestvennoe issledovanie evolyucii defektnoj podsystemy geterogennyh splavov s nekogerentnoj uprochnyayushchej fazoj pri intensivnyh vozdeystviyah // Fizicheskaya mezomekhanika. – 2000. – T. 3, № 7. – S. 63 – 79.
3. Anderson T.L. Fracture Mechanics: Fundamentals and Applications. – Boca Raton: CRC Press. – 1991. – 793 s.
4. Evolyuciya fazovogo sostava, defektnoj struktury, vnutrennih napryazhenij i pereraspredelenie ugleroda pri otpuske litoj konstrukcionnoj stali / E.V. Kozlov, N.A. Popova, O.V. Kabalina, S.I. Klimashin, V.E. Gromov; SibGIU. - Novokuzneck, 2007. – 177 s.
5. Grinfel'd MA. Metody mekhaniki sploshnyh sred v teorii fazovyh prevrashchenij. M.: Nauka, 1990. 312 s.
6. Telyatnik R.S., Osipov A.V., Kukushkin S.A. Relaksaciya deformacij nesootvetstviya za schet por i otsloenij i usloviya obrazovaniya dislokacij, treshchin i gofrov v epitaksialnoj geterostrukture AlN(0001)/SiC/Si(111) // Fizika tverdogo tela. - 2015. - T. 57, V. 1. - S. 153 – 162.
7. Skiba N.V. Zernogranichnye mekhanizmy relaksacii napryazhenij nesootvetstviya v nanokristallicheskih plenkah i pokrytyyah // Materials Physics and Mechanics. – 2014. – T. 19. – S. 68-87.
8. M.Yu. Gutkin, I.A. Ovidko. Defect structures on inner interfaces in nanocrystalline and polycrystalline films // Mater. Phys. Mech. – 2009.- Vol. 8, No. 2. - p. 108-148.
9. Vilchevskaya E., Freidin A. On phase transformations of an inclusion in an external strain\_eld // Proceedings Advanced Problems in Mechanics APM 2004. \_ Russian Academy of Sciences, IPME RAS, 2004. \_ P. 447\_454.
10. Filippov R. A., Freidin A.B., Vilchevskaya E.N. On new phase intermediate layer in nanocomposites as a source of increasing the elastic moduli // Nanosystems: physics, chemistry, mathematics. – 2011. - N. 2, No 2. - p. 107–118.
11. Volegov, P. S., Gribov, D. S., Trusov, P. V., 2015. Damage and fracture: classical continuum theories // Physical Mesomechanics. - 2017. - V 20, 12/ - p. 157–173.
12. Aptukov V. N. Model uprugo - povrezhdennoj ortotropnoj sredy // Vestnik permskogo universiteta. Matematika. Mekhanika. Informatika. – 2007. – T. 12, V. 7. – S. 84 – 90.
13. Eshelbi Dzh. Kontinualnaya teoriya dislokacij. – M.: Izd-vo inostr. lit. - 1963. – 248 s.
14. Metod effektivnogo polya v mekhanike kompozitnyh materialov/ S. K. Kanaun, V. M. Levin; Petrozavodskij gos. un-t. Petrozavodsk, 1993. 600 s.
15. Kachanov M., Sevostianov I. Effective properties of heterogeneous materials. - Dordrecht: Springer, 2013.
16. Kachanov L.M. Osnovy mekhaniki razrusheniya. – M.: Nauka, 1974. – 311 s.
17. Rabotnov YU.N. O mekhanizme dlitelnogo razrusheniya // Voprosy prochnosti materialov i konstrukcij. M.: Izd-vo AN SSSR, 1959. - S. 5 –7. Rabotnov YU.N. O razrushenii tverdyh tel // Problemy mekhaniki tverdogo deformiruемого tela. – L.: Sudostroenie, 1970. – S. 66 – 70.
18. Ereemeev V.A., Frejdin A.B., SHaripova LL. O centralno-simmetrichnyh dvuhfaznyh polyah deformacij // Problemy mekhaniki deformiruемого tverdogo tela. Mezhdvuz. sb-k k 70-letiyu akad. Morozova N.F. SPb: Izd-vo SPb un-ta. 2002. S. 111 - 122.
19. Belov P.A., Lure S.A. K obshchej geometricheskoj teorii defektnykh sred // Fizicheskaya mezomekhanika. - 2007. - T. 10. № 6. - S. 49 - 61.
20. Belov P. A., Lure S. A. Matematicheskaya teoriya defektnykh sred. – Palmarium Academic Publishing Germaniya, 2014. – 336 s.
21. Kolesnikova A.L., Soroka R.M., Romanov A.E. Defekty v kontinualnoj uprugoj srede: klassifikaciya, polya i fizicheskie analogii // Material Physics and Mechanics, 17 (2013) 71 – 91.
22. Shorkin V. S., Presnetsova V. Yu., Presniakov V. V., Frolenkova L. Yu., Yakushina S. I. Initial Damage of Composite Materials // New Achievements in Continuum Mechanics and Thermodynamics Part of the Advanced Structured Materials book series (STRUCTMAT, v 108) - 2019 - pp 475-487.
23. Presnetsova V. Yu., Romashin S. N., Frolenkova L. Yu., Shorkin V. S., Yakushina S. I. A variant of the description of the adhesion interaction in the probe-sample system of an atomic force microscope // Nanoscience and Technology: An International Journal, V. 9, Iss. 4, pp. 299-323, 2018. DOI: 10.1615/NanoSciTechnoIntJ.2018026714.
24. Romashin, S.N., Shorkin, V.S. Variant of the Relationship between the Mechanical and Adhesive Properties of Solid Materials. *Mech. Solids* 55, 1392–1405 (2020). <https://doi.org/10.3103/S0025654420080233>.
25. P.K. Valavala, G. M. Odegard and E. C. Aifantis. Influence of representative volume element size on predicted elastic properties of polymer materials // Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering, Volume 17, Number 4 Citation P K Valavala *et al* 2009 Modelling Simul. Mater. Sci. Eng. 17 045004. Pp. 1 – 15.
26. Lokotoshchenko A.M. Primenenie kineticheskoy teorii pri analize dlitelnogo vysokotemperaturnogo razrusheniya metallov v usloviyah slozhnogo napryazhennogo sostoyaniya (obzor) // Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika. – 2012. – T. 53, № 4. – S. 149 – 164.
27. Frolenkova L.YU., SHorkin V.S. Poverhnostnaya energiya i energiya adgezii uprugih tel // Izv. RAN. MTT. – 2017. – № 1. – S. 76-91.
28. Vilchevskaya E., Freidin A. On phase transformations of an inclusion in an external strain\_eld // Proceedings Advanced Problems in Mechanics APM 2004. \_ Russian Academy of Sciences, IPME RAS, 2004. \_ P. 447-454.

**Shorkin Vladimir Sergeevich**

Orel State University named after I.S. Turgenev  
 Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,  
 Professor of the Department of Technical Physics and  
 Mathematics  
 302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
 Ph.: +79606550077  
 E-mail: v.s.shorkin@yandex.ru

**Vilchevskaya Elena Vyacheslavovna**

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University  
 Doctor of Physical and Mathematical Sciences, associate  
 professor of the department of physics and mechanics  
 199178, St. Petersburg, Bolshoy pr. V.O., 61  
 Ph. +7-812-3214780  
 E-mail: vilchevska@gmail.com

**Romashin Sergey Nikolaevich**  
Orel State University named after I.S. Turgenev  
Candidate of Physical and Mathematical Sciences,  
Associate Professor of the Department of Technical Physics  
and Mathematics  
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
Ph.: +79192677126  
E-mail: sromashin@yandex.ru

**Khoroshilova Margarita Vyacheslavovna**  
Orel State University named after I.S. Turgenev  
Candidate of Physical and Mathematical Sciences,  
Associate Professor of the Department of Technical  
Physics and Mathematics  
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
Ph.: +79192687520  
E-mail: hamster08@yandex.ru

© В.С. Шоркин, Е.Н. Вильчевская, С.Н. Ромашин, М.В. Хорошилова, 2022

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

УДК 629.4.027.4: 656.2

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-14-22

В.И. ВОРОБЬЕВ, С.Н. ЗЛОБИН, О.В. ИЗМЕРОВ, С.О. КОПЫЛОВ, Е.П. КРЫГИНА

### **АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБНАРУЖЕНИЯ БОКСОВАНИЯ ЛОКОМОТИВА**

**Аннотация.** Проведен анализ эволюции противобоксочных систем и предложена схема их развития. Представлен сравнительный анализ способов обнаружения боксования локомотива, на каждый способ предложено запатентованное устройство. Сформулированы информативные признаки, предлагаемые авторами в качестве новых принципов распознавания начала боксования локомотива.

**Ключевые слова:** противобоксочные системы, способы обнаружения боксования локомотива, информативные признаки.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Концепция развития энергосберегающих электромеханических систем: монография / А.С. Космодамианский [и др.]; под ред. академика Академии электротехн. наук Рос. Федерации, д-ра техн. наук, проф. А.С. Космодамианского. – Орел: Госуниверситет – УНПК, 2014. – 244 с.
2. Патент 2758991 Рос. Федерация, СПК В61С 15/08 (2021.08); В60L 15/20 (2021.08); В60L 2200/26 (2021.08). Устройство для обнаружения начала процесса буксования колесных пар локомотива / В.И. Воробьев, О.В. Измеров, Д.Я. Антипин, В.О. Корчагин; опубл. 08.11.2021, Бюл. № 31.
3. Автоколебательные процессы в транспортных системах: монография / В.И. Воробьев [и др.]. – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2016. – 127 с.
4. Проектирование тяговых приводов локомотивов с учетом фрикционных автоколебаний: монография / Д.Я. Антипин [и др.]. – Брянск: БГТУ, 2016. – 180 с.
5. Проблемы снижения уровня фрикционных автоколебаний в тяговых приводах рельсового подвижного состава [Текст]+[Электронный ресурс]: монография / Д.Я. Антипин [и др.]. – Брянск: БГТУ, 2017. – 188 с.
6. Коропец, П.А. Прогнозирование боксования колесных пар локомотива по характеристикам динамических процессов в системе «экипаж – тяговый привод – путь»: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Петр Алексеевич Коропец; [Место защиты: Рост. гос. ун-т путей сообщ.]. – Ростов-на-Дону, 2007. – 163 с.
7. Патент 206898 Рос. Федерация, МПК В61С15/08. Устройство для увеличения сцепления ведущих колес локомотива с рельсами / А.С. Космодамианский, С.О. Копылов и др.: заявитель и патентообладатель А.С. Космодамианский. – № 2021118615; опубл. 30.09.2021, Бюл. № 28.
8. Патент 196092 Рос. Федерация, МПК В61С15/08. Устройство для обнаружения начала буксования колесных пар локомотива и его ликвидации / В.И. Воробьев, А.С. Космодамианский, С.О. Копылов и др.: заявитель и патентообладатель А.С. Космодамианский. – № 2019108797; опубл. 17.02.2020, Бюл. № 5.

**Воробьев Владимир Иванович**  
Брянский государственный технический университет, г. Брянск  
Кандидат технических наук, доцент  
кафедры «Подвижной состав железных дорог»  
E-mail: vladimvorobiev@yandex.ru

**Злобин Сергей Николаевич**  
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орёл  
Кандидат технических наук, доцент кафедры машиностроения  
E-mail: zsn2@rambler.ru

**Измеров Олег Васильевич**  
Брянский государственный технический университет, г. Брянск  
Соискатель по кафедре «Подвижной состав железных дорог»  
E-mail: izmerov@yandex.ru

**Копылов Степан Олегович**  
ООО «ТМХ Инжиниринг», г. Брянск  
Инженер-конструктор I категории  
E-mail: kopylov.stepan@gmail.com

**Крыгина Елизавета Павловна**  
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орёл  
Студент кафедры машиностроения

V.I. VOROBYEV, S.N. ZLOBIN, O.V. IZMEROV, S.O. KOPYLOV, E.P. KRYGINA

## ANALYSIS OF METHODS FOR DETECTING LOCOMOTIVE BOXING

**Abstract.** *The analysis of the evolution of traction control systems is carried out and a scheme of their development is proposed. A comparative analysis of methods for detecting locomotive boxing is presented, a patented device is proposed for each method. The informative signs proposed by the authors as new principles for recognizing the beginning of locomotive boxing are formulated.*

**Keywords:** *traction control systems, methods of detecting locomotive boxing, informative signs.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Konceptiya razvitiya energosberegayushchih elektromekhanicheskikh sistem: monografiya / A.S. Kosmodamianskij [i dr.]; pod red. akademika Akademii elektrotekhn. nauk Ros. Federacii, d-ra tekhn. nauk, prof. A.S. Kosmodamianskogo. – Orel: Gosuniversitet – UNPK, 2014. – 244 s.
2. Patent 2758991 Ros. Federaciya, SPK B61C 15/08 (2021.08); B60L 15/20 (2021.08); B60L 2200/26 (2021.08). Ustrojstvo dlya obnaruzheniya nachala processa buksovaniya kolesnyh par lokomotiva / V.I. Vorobev, O.V. Izmerov, D.YA. Antipin, V.O. Korchagin; opubl. 08.11.2021, Byul. № 31.
3. Avtokolebatelnye processy v transportnyh sistemah: monografiya / V.I. Vorobev [i dr.]. – Orel: OGU imeni I.S. Turgeneva, 2016. – 127 s.
4. Proektirovanie tyagovyh privodov lokomotivov s uchetom frikcionnyh avtokolebanij: monografiya / D.YA. Antipin [i dr.]. – Bryansk: BGTU, 2016. – 180 s.
5. Problemy snizheniya urovnya frikcionnyh avtokolebanij v tyagovyh privodah relsovogo podvizhnogo sostava [Tekst]+[Elektronnyj resurs]: monografiya / D.YA. Antipin [i dr.]. – Bryansk: BGTU, 2017. – 188 s.
6. Koropec, P.A. Prognozirovanie boksovaniya kolesnyh par lokomotiva po harakteristikam dinamicheskikh processov v sisteme «ekipazh – tyagovyj privod – put»: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.07 / Petr Alekseevich Koropec; [Mesto zashchity: Rost. gos. un-t putej soobshch.]. – Rostov-na-Donu, 2007. – 163 s.
7. Patent 206898 Ros. Federaciya, MPK B61C15/08. Ustrojstvo dlya uvelicheniya scepneniya vedushchih koles lokomotiva s relsami / A.S. Kosmodamianskij, S.O. Kopylov i dr.: zayavitel i patentoobladatel A.S. Kosmodamianskij. – № 2021118615; opubl. 30.09.2021, Byul. № 28.
8. Patent 196092 Ros. Federaciya, MPK B61C15/08. Ustrojstvo dlya obnaruzheniya nachala buksovaniya kolesnyh par lokomotiva i ego likvidacii / V.I. Vorobev, A.S. Kosmodamianskij, S.O. Kopylov i dr.: zayavitel i patentoobladatel A.S. Kosmodamianskij. – № 2019108797; opubl. 17.02.2020, Byul. № 5.

**Vorobyev Vladimir Ivanovich**  
Bryansk State Technical University,  
Bryansk  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor at the Department of  
«Railroad rolling stock»  
E-mail: vladimvorobiev@yandex.ru

**Zlobin Sergey Nikolaevich**  
Orel State university, Orel  
Candidate of technical sciences,  
Associate Professor at the  
Department of «Mechanical  
engineering»  
E-mail: zsn2@rambler.ru

**Izmerov Oleg Vasilevich**  
Bryansk State Technical  
University, Bryansk  
Competitor of the Department  
«Railroad rolling stock»  
E-mail: izmerov@yandex.ru

**Kopylov Stepan Olegovich**  
TMH Engineering LLC, Bryansk  
Design engineer of the I category  
E-mail: kopylov.stepan@gmail.com

**Krygina Elizaveta Pavlovna**  
Orel State university, Orel  
Student at the Department of  
«Mechanical engineering»  
E-mail: kirina090464@mail.ru

© В.И. Воробьев, С.Н. Злобин, О.В. Измеров, С.О. Копылов, Е.П. Крыгина, 2022

УДК 621.91

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-23-31

В.П. ТИХОМИРОВ, М.А. ИЗМЕРОВ, А.Г. ГОРНОСТАЕВА

## ЧИСЛЕННО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ КОНТАКТНОЙ ЖЕСТКОСТИ ПЛОСКОГО СТЫКА



**Аннотация.** На основе анализа экспериментальных данных контактного взаимодействия сопряженных поверхностей с учетом волнистости и шероховатости получена аналитическая зависимость, позволившая оценить влияние параметров качества поверхности на нормальную контактную жесткость. Произведена проверка адекватности модели и определены параметры качества сопряженных поверхностей, при которых достигается максимум нормальной контактной жесткости плоского стыка.

**Ключевые слова:** шероховатость, волнистость, контактная жесткость, численно-экспериментальный метод.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Xu K. The effects of size distribution functions on contact between fractal rough surfaces / K.Xu, Y.Yuan, J.Chen // Aip advances 8. - 2018. – P. 1-14. - 075317
2. Pan W. Influence of surface topography on three dimensional fractal model of sliding friction / W.Pan, X.Li., L.Wang, J.Vu, Z.Yang // AIP Advances 7. – 2017. - 095321
3. Bush A.W. The elastic contact of a rough surface / A.W. Bush, R.D. Gibson, T.R. Thomas // Wear. - 1975. – V.35. – P. 87–111.
4. Whitehouse D.J. The properties of random surfaces of significance in their contact / D.J. Whitehouse, J.F. Archard // Proc. R. Soc., Series A. - 1970. – V. 316. – P.97–121.
5. Демкин, Н.Б. Развитие теории фрикционного контакта / Н.Б. Демкин // Трение и износ. - 1992. – Т.13. - №1. – С. 71–80.
6. Greenwood J.A. Contact of nominally flat surfaces / J.A. Greenwood, J.B.P. Williamson // Proc. R. Soc., Series A. - 1966. – V.295. – P.300–319.
7. McCool J.I. Comparison of models for the contact of rough surfaces / J.I. MacCool // Wear. - 1986. – V.107. – P. 37–60.
8. Ланков А.А. Основные соотношения для расчета контурных давлений и других характеристик контакта в стыке твердых шероховатых поверхностей / А.А. Ланков // Расчетные методы оценки трения и износа, Брянск. - 1975. – С. 152–185.
9. Рудзит Я.А. Микрогеометрия и контактное взаимодействие поверхностей / Я.А. Рудзит // Рига, Зинатне. - 1975. – 210 с.
10. Тихомиров В.П. Нейросетевые модели в трибологии / В.П. Тихомиров, П.Ю. Шалимов // Трение и износ. - 2000. – Т.21. - №3. – С. 246–251.
11. Леон Р. Управление качеством. Робастное проектирование. Метод Тагучи [пер. с англ.] / Р. Леон, А. Шумейкер, Р. Какар [и др.]. – М.: Сейфи. - 2002. – 384 с.
12. Тихомиров В.П. Применение нейрокомпьютерного робастного проектирования для оптимизации состава фрикционного спеченного порошкового материала / В.П. Тихомиров, Н.Н. Новикова // Вестник БГТУ. - 2014. - № 3(43). – 81-84 с.

**Тихомиров Виктор Петрович**  
ФГБОУ ВО «БГТУ», г. Брянск  
доктор технических наук,  
профессор, профессор кафедры  
«ТТС»  
241035, Бульвар 50 лет Октября,  
7  
Тел. 8(4832)58-82-12  
dm-bgtu@yandex.ru

**Измеров Михаил Александрович**  
ФГБОУ ВО «БГТУ», г. Брянск  
кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры «ТТС»  
241035, Бульвар 50 лет Октября, 7  
Тел. 89610027292  
m.izmerov@yandex.ru

**Горностаева Анна Геннадьевна**  
ФГБОУ ВО «БГТУ», г. Брянск  
аспирант кафедры «ТТС»  
241035, Бульвар 50 лет Октября, 7  
Тел. 8(4832)58-82-12  
a\_droshneva1@mail.ru

---

V.V. TIKHOMIROV, M.A. IZMEROV, A.G. GORNOSTAEVA

## NUMERICAL-EXPERIMENTAL METHOD OF ESTIMATION CONTACT STIFFNESS OF FLAT JOINT

**Abstract.** Based on the analysis of experimental data on the contact interaction of conjugate surfaces, taking into account the waviness and roughness, an analytical dependence was obtained, which made it possible to assess the effect of surface quality parameters on normal contact stiffness. The adequacy of the model was checked and the quality parameters of the conjugate surfaces were determined, at which the maximum normal contact stiffness of the flat joint is reached.

**Keywords:** roughness, waviness, contact stiffness, numerical and experimental method.

## BIBLIOGRAPHY

1. Xu K. The effects of size distribution functions on contact between fractal rough surfaces / K.Xu, Y.Yuan,

- J.Chen // Aip advances 8. - 2018. – P. 1-14. - 075317
2. Pan W. Influence of surface topography on three dimensional fractal model of sliding friction / W.Pan, X.Li, L.Wang, J.Vu, Z.Yang // AIP Advances 7. – 2017. - 095321
  3. Bush A.W. The elastic contact of a rough surface / A.W. Bush, R.D. Gibson, T.R. Thomas // Wear. - 1975. – V.35. – P. 87–111.
  4. Whitehouse D.J. The properties of random surfaces of significance in their contact / D.J. Whitehouse, J.F. Archard // Proc. R. Soc., Series A. - 1970. – V. 316. – P.97–121.
  5. Demkin, N.B. Development of the theory of frictional contact / N.B. Demkin // Friction and wear. - 1992. – Vol.13. - No. 1. – pp. 71-80.
  6. Greenwood J.A. Contact of nominally flat surfaces / J.A. Greenwood, J.B.P. Williamson // Proc. R. Soc., Series A. - 1966. – V.295. – P.300–319.
  7. McCool J.I. Comparison of models for the contact of rough surfaces / J.I. MacCool // Wear. - 1986. – V.107. – P. 37–60.
  8. Lankov A.A. Basic relations for calculating contour pressures and other contact characteristics at the junction of hard rough surfaces / A.A. Lankov // Computational methods for assessing friction and wear, Bryansk. - 1975. – pp. 152-185.
  9. Rudzit Ya.A. Microgeometry and contact interaction of surfaces / Ya.A. Rudzit // Riga, Zinatne. - 1975. – 210 p.
  10. Tikhomirov V.P. Neural network models in tribology / V.P. Tikhomirov, P.Y. Shalimov // Friction and wear. - 2000. – Vol.21. - No. 3. – pp. 246-251.
  11. Leon R. Quality management. Robust design. The Taguchi method / R. Leon, A. Shoemaker, R. Kakar [et al.]. – M.: Safi. - 2002. – 384 p.
  12. Tikhomirov V.P. Application of neurocomputer robust design to optimize the composition of friction sintered powder material / V.P. Tikhomirov, N.N. Novikova // Bulletin of BSTU. - 2014. - № 3(43). – 81-84 S.

**Tikhomirov Victor Petrovich**

FSBEI HE "BSTU", Bryansk  
 Doctor of Technical Sciences,  
 Professor, Professor of the  
 Department "TTS"  
 241035, Boulevard 50 let Oktyabrya,  
 7  
 Tel. 8(4832)58-82-12  
 dm-bgtu@yandex.ru

**Izmerov Mikhail Aleksandrovich**

FSBEI HE "BSTU", Bryansk  
 Candidate of Technical Sciences,  
 Associate Professor, Associate  
 Professor of the Department "TTS"  
 241035, Boulevard 50 let Oktyabrya,  
 7  
 Tel. 89610027292  
 m.izmerov@yandex.ru

**Gornostaeva Anna Gennadievna**

FSBEI HE "BSTU", Bryansk  
 postgraduate student of the  
 department "TTS"  
 241035, Boulevard 50 let Oktyabrya,  
 7  
 Tel. 8(4832)58-82-12  
 a\_droshneva1@mail.ru

© В.П. Тихомиров, М.А. Измеров, А.Г. Горностаева, 2022

## **МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ**

УДК 621.9

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-32-37

С.В. КУДРЯВЦЕВ, А.С. ТАРАПАНОВ

### **АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НАНОПОКРЫТИЙ**

**Аннотация.** Рассмотрено взаимодействие поверхности развертки с нанопокрывтиями при обработке отверстий на сравнительно малых скоростях резания и их влияние на стойкость инструмента. Рассматривается применение эпиламов как разновидность нанопокрывтий позволяющих повысить стойкость инструмента. Для контроля температуры применения эпиламов разработан специальный автоматизированный лабораторный комплекс, так как эпиламные покрытия имеют предельные температуры эксплуатации. Доказаны возможности повышения стойкости развертки с совместным применением нанопокрывтий и СОТС.

**Ключевые слова:** развертывание, низкоскоростные процессы механической обработки, температура резания, автоматизированный комплекс, нарушения кристаллической решетки, поверхностные явления, нанопокрывтия, эпиламы, стойкость инструмента.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Иванов И. А. Поверхность деталей машин и механизмов: учебное пособие для вузов / И. А. Иванов, С. В. Губенко, Д. П. Кононов. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 156 с.: ил. – Текст: непосредственный.
2. Сопоставление фазового состава сталей P18 и P6M5 в отжженном состоянии [Электронный ресурс]: режим доступа: [https://journal.altstu.ru/media/f/old2/pv2005\\_02\\_2/pdf/184haraev.pdf](https://journal.altstu.ru/media/f/old2/pv2005_02_2/pdf/184haraev.pdf)
3. Авиационные топлива, смазочные материалы и специальные жидкости. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. Аксенов А.Ф. Изд-во «Транспорт», 1970 г., 256 с.
4. Эпиламы, терминология и применение в промышленности [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://termosmazki.ru/stati/epilamy.-terminologiya-i-primenenie>
5. Фукс И. Г. Пластичные смазки. - Москва: Химия, 1972. - 158 с.: ил.; 20 см.
6. Эпиламы или фтор-поверхностно активные вещества (ПАВы) [Электронный ресурс]: режим доступа: [https://www.ftorpolymer.ru/docs/kondratov\\_r\\_yu\\_doklad\\_po\\_epilamam\\_i\\_protssessu\\_epilamirovaniy.pdf](https://www.ftorpolymer.ru/docs/kondratov_r_yu_doklad_po_epilamam_i_protssessu_epilamirovaniy.pdf)
7. Физико-химические особенности адсорбционных процессов в нанотехнологии. Учебно-методическое пособие – М.: Мир науки, 2021. – Сетевое издание. Режим доступа: <https://izd-mn.com/PDF/46MNNPU21.pdf> – Загл. с экрана.
8. Смазочно-охлаждающие технологические среды [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://studfile.net/preview/2548352/page:21/>
9. Патент РФ № 2017101479 17.01.2017. Устройство стендового автоматизированного лабораторного комплекса для изучения политропного процесса и комбинированного теплообмена // Патент России №2656196. 2018. / Бодров В.К., Ванин В.С., Кудрявцев С.В. [и др].
10. Патент РФ № 2017111455 14.06.2016. Устройство стендового автоматизированного лабораторного комплекса для изучения процессов теплообмена // Патент России №2668415. 2018. / Бодров В.К., Ванин В.С., Кудрявцев С.В. [и др.].

### Кудрявцев Сергей Васильевич

Орловский государственный университет  
имени И.С. Тургенева, аспирант  
г. Орёл ул. Московская д. 34  
Тел.: +79208181016  
E-mail: slalder123@yandex.ru

### Тарапанов Александр Сергеевич

Орловский государственный университет  
имени И.С. Тургенева, доктор технических  
наук, профессор кафедры машиностроение  
г. Орёл ул. Московская д. 34  
Тел.: +79202877774  
E-mail: awj@list.ru

---

S.V. KUDRYAVTSEV, A.S. TARAPANOV

## ANALYSIS AND CONTROL OF THE REAMING PROCESS IN USING OF NANOCOATINGS

**Abstract.** *The interaction of the reamer surface with nanocoating when processing holes at relatively low cutting speeds and their effect on tool durability is considered. The use of epilams is considered as a kind of nanocoating that allows to increase the durability of the tool. To control the temperature of the use of epilams, a special automated laboratory complex has been developed, since epilam coatings have maximum operating temperatures. The possibilities of increasing the stability of the reamer with the combined use of nanocoating and LSTM are proved.*

**Keywords:** *deployment, low-speed machining processes, cutting temperature, automated complex, crystal lattice disturbances, surface phenomena, nanocoating, epilams, tool durability.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Ivanov I. A. The surface of machine parts and mechanisms: a textbook for universities / I. A. Ivanov, S. V. Gubenko, D. P. Kononov. – St. Petersburg: Lan, 2021. – 156 p.: ill. – Text: direct.
2. Comparison of the phase composition of P18 and P6M5 steels in the annealed state [Electronic resource]: access mode: [https://journal.altstu.ru/media/f/old2/pv2005\\_02\\_2/pdf/184haraev.pdf](https://journal.altstu.ru/media/f/old2/pv2005_02_2/pdf/184haraev.pdf)
3. Aviation fuels, lubricants and special liquids. 2nd edition, revised and supplemented. Akseonov A.F. Publishing house "Transport", 1970, 256 p.
4. Epilams, terminology and application in industry [Electronic resource]: access mode: <https://termosmazki.ru/stati/epilamy.-terminologiya-i-primenenie>
5. Fuchs I. G. Plastic lubricants. - Moscow: Chemistry, 1972. - 158 p.: ill.; 20 cm.
6. Epilams or fluorine-surfactants (surfactants) [Electronic resource]: access mode: [https://www.ftorpolymer.ru/docs/kondratov\\_r\\_yu\\_doklad\\_po\\_epilamam\\_i\\_protssessu\\_epilamirovaniy.pdf](https://www.ftorpolymer.ru/docs/kondratov_r_yu_doklad_po_epilamam_i_protssessu_epilamirovaniy.pdf)
7. Physico-chemical features of adsorption processes in nanotechnology. Educational and methodical manual – М.: The World of Science, 2021. – Online edition. Access mode: <https://izd-mn.com/PDF/46MNNPU21.pdf> – Blank from the screen.
8. Lubricating and cooling technological media [Electronic resource]: access mode: <https://studfile.net/preview/2548352/page:21/>
9. RF Patent No. 2017101479 17.01.2017. The device of a bench automated laboratory complex for the study of the polytropic process and combined heat transfer // Patent of Russia No. 2656196. 2018. / Bodrov V.K., Vanin V.S., Kudryavtsev S.V. [et al.].
10. RF Patent No. 2017111455 14.06.2016. The device of a bench automated laboratory complex for the study of heat transfer processes // Patent of Russia No. 2668415. 2018. / Bodrov V.K., Vanin V.S., Kudryavtsev S.V. [et al.].

Kudryavtsev Sergey Vasilyevich

Tarapanov Alexander Sergeevich

УДК 621.73

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-38-47

Н.А. ЗЕМЛЯНУШНОВ, Н.Ю. ЗЕМЛЯНУШНОВА, Д.О. ДОРОХОВ

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДРОБЕМЁТНОЙ ОБРАБОТКИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРУЖИН ПРИ КОНТАКТНОМ ЗАНЕВОЛИВАНИИ

**Аннотация.** Предложен новый способ изготовления винтовых цилиндрических пружин сжатия. Усовершенствован технологический процесс изготовления пружины клапана внутренней 2101-1007021 по предложенному способу. Представлены результаты теоретического исследования зависимости рабочей высоты пружины от нагрузки контактного заневоливания с учётом увеличения предела текучести материала пружинной проволоки в упроченной зоне после дробемётной обработки. Теоретически установлена зависимость влияния дробемётной обработки на геометрические параметры пружины при контактном заневоливании. Результаты исследования могут быть использованы при разработке технологического процесса изготовления высоконагруженных пружин сжатия.

**Ключевые слова:** пружина клапана, дробемётная обработка, контактное заневоливание геометрические параметры пружин, пластическое упрочнение.

*Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации (приказ Минобрнауки России от 26 января 2021 года № 54, проект СП-3658.2021.1).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белков Е. Г. Технология изготовления и упрочнения пружин. – Челябинск: Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 2013. – 168 с.
2. Белков Е. Г. Холодная навивка пружин. – Иркутск: Изд. Иркутского ун-та, 1987. – 96 с.
3. Землянушов Н. А., Землянушнова Н. Ю., Тебенко Ю. М. Совершенствование способа и устройства для упрочнения пружин конической формы или формы параболоида вращения // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2021. – Т. 17. – № 8(200). – С. 360-367.
4. Землянушнова Н. Ю. Расчёт винтовых цилиндрических пружин сжатия при контактном заневоливании. Монография. – Ставрополь: АГРУС, 2008. – 136 с.
5. Землянушнова Н. Ю., Порохня А. А., Землянушов Н. А. Исследование напряженно-деформированного состояния пружины клапана автомобильного двигателя при пластическом упрочнении // Вестник машиностроения. – 2016. – № 4. – С. 48-52.
6. Крымчанский И. И. Пружинная проволока в мировой и отечественной промышленности // Пружины. – 2016. – № 1(1). – С. 19-26.
7. Лавриненко Ю. А. Разработка технологии изготовления высоконагруженных пружин сжатия: дис. докт. техн. наук: 05.02.09. – Орёл, 2018. 284 с.
8. Лавриненко Ю. А. Разработка технологии изготовления пружины клапана двигателя легкового автомобиля // Заготовительные производства в машиностроении. – 2017. – Т. 15. – № 12. – С. 547-55.
9. Лавриненко Ю. А., Белков Е. Г., Фадеев В. В. Упрочнение пружин. – Уфа: Изд. Дом «Бизнес-Партнер», 2002. – 124 с.
10. Новый способ изготовления пружин клапанов двигателей автомобилей / Н.Ю. Землянушнова [и др.] // Оборонный комплекс - научно-техническому прогрессу России. – 2017. – № 1(133). – С. 12-16.
11. Рахштадт А. Г. Пружинные стали и сплавы. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1982. – 400 с.
12. Способ изготовления высоконагруженных пружин сжатия: пат. 2208056 Рос. Федерация. № 2001103765/02; заявл. 08.02.2001; опубл. 10.07.2003. Бюл. № 19. – 4 с.
13. Способ изготовления высоконагруженных пружин сжатия: пат. 2464119 Рос. Федерация. № 2011118220/02; заявл. 05.05.2011; опубл. 05.05.2011. Бюл. № 29. – 3 с.

14. Тебенко Ю. М. Применение контактного заневоливания для изготовления пружин откатных механизмов // Оборонный комплекс - научно-техническому прогрессу России. – 2018. – № 3(139). – С. 16-24.

15. Шаврин О. И. Производство высокопрочных винтовых пружин. – Ижевск: Изд-во: ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2019. – 196 с.

**Землянушов Никита Андреевич**  
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь  
Старший преподаватель кафедры технологии машиностроения и технологического оборудования  
355017, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1  
Тел.: 8-928-315-50-04  
E-mail: nikita3535@mail.ru

**Землянушнова Надежда Юрьевна**  
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь  
Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии машиностроения и технологического оборудования  
355017, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1  
Тел.: 8-928-300-49-38  
E-mail: zemlyanushnova@rambler.ru

**Дорохов Даниил Олегович**  
ФГАОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», г. Орёл  
Доктор технических наук, доцент, профессор кафедры машиностроения  
302026, Россия, г. Орёл, ул. Комсомольская, д. 95  
Тел.: 8-910-208-44-02  
E-mail: ddostu@mail.ru

---

N.A. ZEMLYANUSHNOV, N.Y. ZEMLYANUSHNOVA, D.O. DOROHOV

## **THEORETICAL STUDY OF SHOT BLASTING EFFECT ON CHANGE SPRINGS GEOMETRIC PARAMETERS DURING CONTACT PREDEFORMATION**

**Abstract.** *A new method of manufacturing helical cylindrical compression springs is proposed. A technological process of manufacturing internal valve spring 2101-1007021 according to the proposed method has been improved. The theoretical study results of spring working height dependence on the load of contact predeformation, taking into account the increase in the yield strength of spring wire material in the hardened zone after shot blasting, are presented. Theoretically, the dependence of shot blasting effect of on the spring geometric parameters during contact drilling has been established. The results of the study can be used in the development of manufacturing high-loaded compression springs technological process.*

**Keywords:** *valve spring, shot blasting, contact predeformation, springs geometric parameters, plastic hardening.*

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Belkov E. G. Springs manufacturing and hardening technology. – Chelyabinsk: South Ural State University (National Research University), 2013. – 168 p.
2. Belkov E. G. Springs cold winding. – Irkutsk: Publishing House of Irkutsk University, 1987. – 96 p.
3. Zemlyanushnov N. A., Zemlyanushnova N. Yu., Tebenko Yu. M. Method and device improvement for conical shape or rotation paraboloid shape springs hardening. – 2021. – Vol. 17. – No. 8(200). – pp. 360-367.
4. Zemlyanushnova N. Yu. Helical cylindrical compression springs calculation during contact predeformation. Monograph. – Stavropol: AGRUS, 2008. – 136 p.
5. Zemlyanushnova N. Yu., Porokhnya A.A., Zemlyanushnov N.A. Research of stressed-deformed state of automobile engine valve spring at plastic hardening // Bulletin of Mechanical Engineering. - 2016. – No. 4. – pp. 48-52.
6. Krymchanskyi I. I. Spring wire in the world and domestic industry // Springs. – 2016. – No. 1(1). – pp. 19-26.
7. Lavrinenko Yu. A. Development of manufacturing technology for highly loaded compression springs: Doctor of Technical Sciences dissertation: 05.02.09. – Oryol, 2018. 284 p.
8. Lavrinenko Yu. A. Development of manufacturing technology for the valve spring of a passenger car engine // Procurement productions in mechanical engineering. – 2017. – Vol. 15. – No. 12. – pp. 547-55.
9. Lavrinenko Yu. A., Belkov E. G., Fadeev V. V. Hardening of springs. – Ufa: Ed. House "Business Partner", 2002. – 124 p.
10. A new method of automobile engines manufacturing valve springs / N. Y. Zemlyanushnova [et al.] // Defense complex - scientific and technical progress of Russia. – 2017. – No. 1(133). – pp. 12-16.
11. Rachstadt A. G. Spring steels and alloys. – 3rd edition revised and supplemented. – M.: Metallurgy, 1982. – 400 p.
12. Method of manufacturing high-loaded compression springs: pat. 2208056 Russian Federation. No. 2001103765/02; application 08.02.2001; publ. 10.07.2003. Byul. No. 19. – 4 p.
13. Method of manufacturing highly loaded compression springs: pat. 2464119 Russian Federation. No. 2011118220/02; application 05.05.2011; publ. 05.05.2011. Byul. No. 29. – 3 p.

14. Tebenko Yu. M. The use of contact predeformation for the manufacture of sliding mechanisms springs // Defense complex - scientific and technical progress of Russia. – 2018. – No. 3(139). – pp. 16-24.

15. Shavrin O. I. Production of high-strength screw springs. Izhevsk: Publishing House Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, 2019. – 196 p.

**Zemlyanushnov Nikita Andreevich**  
North-Caucasus Federal University,  
Senior Lecturer of the Department of  
Mechanical Engineering Technology  
and Technological Equipment  
355017, Russia, Stavropol, Pushkin  
str., 1  
Phone number: 8-928-315-50-04  
E-mail: nikita3535@mail.ru

**Zemlyanushnova Nadezhda Yurievna**  
North-Caucasus Federal University,  
Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor, Head of the  
Department of Mechanical Engineering  
Technology and Technological  
Equipment  
355017, Russia, Stavropol, Pushkin str.,  
1  
Phone number: 8-928-300-49-38  
E-mail: zemlyanushnova@rambler.ru

**Dorohov Daniil Olegovich**  
Oryol State University named  
after I.S. Turgenev  
Doctor of Technical Sciences,  
Associate Professor, Professor  
of the Department of  
Mechanical Engineering  
302026, Russia, Oryol,  
Komsomolskaya street, 95  
Phone number: 8-910-208-44-  
02  
E-mail: ddostu@mail.ru

© Н.А. Землянушнов, Н.Ю. Землянушнова, Д.О. Дорохов, 2022

УДК 004.94

DOI:10.33979/2073-7408-2022-356-6-48-55

Г.В. БАРСУКОВ, Ю.С. СТЕПАНОВ, Е.А. БЕЛКИН,  
Л.Ю. ФРОЛЕНКОВА, О.Г. КОЖУС, А.И. БОБРИК

## РЕАЛИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ЧИСЛЕННОГО МЕТОДА РАСЧЕТА ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ ПОСЛЕ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ В ВИДЕ КОМПЛЕКСА ПРОГРАММ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

**Аннотация.** В статье авторами представлен комплекс программ для моделирования микротопографии поверхности детали после абразивной обработки, способной прогнозировать влияния геометрии поверхностного слоя на эксплуатационные свойства деталей машин. Наличие математической модели микрорельефа позволило построить профилограмму в любом интересующем сечении и определить параметры шероховатости.

**Ключевые слова:** микротопография, модель, численный эксперимент, абразивная обработка, шероховатость поверхности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роджерс, Д. Математические основы машинной графики: Пер. с англ. [Текст] / Д. Роджерс, Дж. Адамс - М.: Мир, 2001. 604с.
2. Yasushi Yamaguchi A Basic Evaluation Method of Subdivision Surfaces / Journal for Geometry and Graphics, 2001. Vol. 5. № 2, P. 145 – 155
3. Степанов, Ю.С. Моделирование топографии микрорельефа в пространстве Римана при диагностике поверхностного слоя конструкционных материалов [Текст] / Ю.С. Степанов, Г.В. Барсуков, А.Е. Белкин. - // Контроль. Диагностика, 2001. - № 4 – С. 12 – 16.
4. Степанов, Ю.С. Описание микрогеометрии поверхности детали методами тензорного анализа [Текст] / Ю.С. Степанов, Г.В. Барсуков, А.Е. Белкин. - Сб. матер. Междунар. науч. - техн. конф. «Технология – 2000» 28 - 30 сентября 2000 г. Орел, 2000. - С. 130 – 132.
5. Барсуков, Г.В. Моделирование геометрической формы абразивного зерна при гидроструйной обработке [Текст] / Г.В. Барсуков. - Справочник. Инженерный журнал, 2003. - № 6. – С. 8 – 10.
6. Аверченков, В.И. Измерительно-вычислительный комплекс для оценки геометрического состояния поверхностного слоя деталей машин [Текст] / В.И. Аверченков, В.В. Дюдин, В.И. Лотоцкий // Ресурсосберегающие технологии в машиностроении. Сб. науч. трудов. М.: МВТУ, 1995. С. 336 - 339.
7. Федоров, В.П. Автоматизированная система определения параметров шероховатости поверхности деталей машин [Текст] / В.П. Федоров, А.А. Кельнер // Измерительная техника, 1987. №3. С.23.

**Барсуков Геннадий Валерьевич**

Орловский государственный университет  
имени И.С. Тургенева,  
доктор технических наук,  
профессор кафедры машиностроения  
г. Орёл ул. Московская д. 34  
Тел: +79038806976  
awj@list.ru

**Белкин Евгений Александрович**

БУ ОО ДПО «Институт развития образования»  
г. Орёл  
доктор технических наук,  
Тел: +79038806976  
awj@list.ru

**Кожус Ольга Геннадьевна**

Орловский государственный университет  
имени И.С. Тургенева,  
кандидат технических наук,  
ведущий инженер отдела организационного  
сопровождения НИР  
г. Орёл ул. Наугорское ш. 29  
Тел: +79038806976  
okozhus@mail.ru

**Степанов Юрий Сергеевич**

Орловский государственный университет  
имени И.С. Тургенева,  
доктор технических наук,  
профессор  
г. Орёл ул. Московская д. 34  
Тел: +79038806976  
yury057@yandex.ru

**Фроленкова Лариса Юрьевна**

Орловский государственный университет  
имени И.С. Тургенева,  
доктор технических наук,  
Зав. кафедрой, профессор кафедры машиностроения  
г. Орёл ул. Московская д. 34  
Тел: +79038806976  
larafrolenkova@yandex.ru

**Бобрик Артем Игоревич**

Орловский государственный университет  
имени И.С. Тургенева,  
аспирант кафедры машиностроения  
г. Орёл ул. Московская д. 34  
Тел: +79038806976  
awj@list.ru

---

G.V. BARSUKOV, YU.S. STEPANOV, E.A. BELKIN,  
L.Yu. FROLENKOVA, O.G. KOZHUS, A.I. BOBRIK

**IMPLEMENTATION OF AN EFFECTIVE NUMERICAL CALCULATION  
METHOD SURFACE ROUGHNESS OF THE PART AFTER ABRASIVE  
PROCESSING IN THE FORM OF A SET OF PROGRAMS  
FOR CONDUCTING COMPUTATIONAL EXPERIMENT**

**Abstract.** *In the article, the authors present a set of programs for modeling microtopography on top of a part after abrasive treatment, capable of predicting the influence of the geometry of the surface layer on the operational properties of machine parts. The presence of a mathematical model of the microrelief made it possible to construct a profilogram in any section of interest and determine the roughness parameters.*

**Keywords:** *microtopography, model, numerical experiment, abrasive treatment, surface roughness.*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Rogers, D. Mathematical foundations of machine graphics: Translated from English [Text] / D. Rogers, J. Adams - M.: Mir, 2001. 604с.
2. Yasushi Yamaguchi A Basic Evaluation Method of Subdivision Surfaces / Journal for Geometry and Graphics, 2001. Vol. 5. No. 2, P. 145 – 155
3. Stepanov, Yu.S. Modeling of the topography of microrelief in the Ri-man space when diagnosing the surface layer of structural materials [Text] / Yu.S. Stepanov, G.V. Barsukov, A.E. Belkin. - // Control. Diagnostics, 2001. - No. 4 – p. 12-16.
4. Stepanov, Yu.S. Description of the microgeometry of the surface of the part by methods of tensor analysis [Text] / Yu.S. Stepanov, G.V. Barsukov, A.E. Belkin. - Sat. mater. Between-nar. scientific. - tech. conf. "Technology – 2000" September 28 - 30, 2000 Orel, 2000. - p. 130 - 132.
5. Barsukov, G.V. Modeling of the geometric shape of abrasive grain during hydrojet processing [Text] / G.V. Barsukov. - Reference book. Engineering Journal, 2003. - No. 6. – pp. 8-10.
6. Averchenkov, V.I. Measuring and computing complex for assessing the geometric state of the surface layer of machine parts [Text] / V.I. Averchenkov, V.V. Dyudin, V.I. Lototsky // Resource-saving technologies in mechanical engineering. Collection of scientific works. M.: MVTU, 1995. pp. 336 - 339.

7. Fedorov, V.P. Automated system for determining the parameters of the surface roughness of machine parts [Text] / V.P. Fedorov, A.A. Kellner // Measuring equipment, 1987. No. 3. p.23.

**Barsukov Gennady Valeryevich**

Oryol State University named after I.S. Turgenev,  
Doctor of Technical Sciences,  
Professor of the Department of Mechanical Engineering  
Orel, Moskovskaya str., 34  
Tel: +79038806976  
awj@list.ru

**Stepanov Yuri Sergeevich**

Oryol State University named after I.S. Turgenev,  
Doctor of Technical Sciences,  
Professor  
Orel, Moskovskaya str., 34  
Tel: +79038806976  
yury057@yandex.ru

**Belkin Evgeny Alexandrovich**

BU OO DPO "Institute of Education Development"  
Orel  
Doctor of Technical Sciences,  
Tel: +79038806976  
awj@list.ru

**Frolenkova Larisa Yuryevna**

Oryol State University named after I.S. Turgenev,  
Doctor of Technical Sciences,  
Head of the Department, Professor of the Department of  
Mechanical Engineering,  
Orel, Moskovskaya str., 34  
Tel: +79038806976  
larafrrolenkova@yandex.ru

**Kozhus Olga Gennadiyevna**

Oryol State University named after I.S. Turgenev,  
Candidate of Technical Sciences,  
Leading Engineer of the Department of Organizational  
Support of Research  
Orel, Naugorskoe sh. 29  
Tel: +79038806976  
okozhus@mail.ru

**Bobrik Artem Igorevich**

Oryol State University named after I.S. Turgenev,  
postgraduate student of the Department of Mechanical  
Engineering  
Orel, Moskovskaya str., 34  
Tel: +79038806976  
awj@list.ru

© Г.В. Барсуков, Ю.С. Степанов, Е.А. Белкин, Л.Ю. Фроленкова, О.Г. Кожус, А.И. Бобрик, 2022

УДК 621.924

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-56-62

Г.В. БАРСУКОВ, О.Г. КОЖУС, В.С. ШОРКИН, С.И. ЯКУШИНА

## **ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АДГЕЗИИ ПОКРЫТИЯ И АБРАЗИВНЫХ ЗЕРЕН ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ**

**Аннотация.** Существенным недостатком процесса гидроабразивной резки является быстрый износ деталей реализующей его установки из-за действия абразивных зерен. Для его устранения зерна покрываются защитной оболочкой (инкапсулируют), которая нивелирует действие зерен на детали, но раскалывается и освобождает зерно при ударе о разрезаемый объект. Особенностью математического моделирования адгезии покрытия и абразивных зерен является выявление в его процессе позволяющей оптимизировать его связи характеристик адгезии и характеристик процесса резания. В работе представлен пример математического моделирования состояния адгезии, позволяющего получить аналитические зависимости энергии адгезии и поврежденности адгезионного контакта от характеристик упругих свойств контактирующих материалов оболочки и зерна. Они позволили оценить возможность раскола покрытия при ударе инкапсулированного абразивного зерна в составе гидроабразивной струи о разрезаемую поверхность путем сравнения суммарной энергии адгезии покрытия и зерна заданных размеров с их кинетической энергией в составе струи.

**Ключевые слова:** гидроабразивная резка, инкапсуляция абразивных зерен, математическое моделирование, адгезия.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Barsukov, G. Quality of Hydroabrasive Waterjet Cutting Machinability / G. Barsukov, T. Zhuravleva, O. Kozhus // Procedia Engineering. – 2017. – Т. 206. – С. 1034-1038.
2. Яблуновский, Я.Ю. Повышение эффективности гидроабразивной обработки на основе учета энергии двухфазной режущей струи [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.02.07/ Яблуновский Я.Ю. – Рыбинск, 2012. – 16 с.



3. Shorkin V. S., Presnetsova V. Yu., Presniakov V. V., Frolenkova L. Yu., Yakushina S. I. Initial Damage of Composite Materials // New Achievements in Continuum Mechanics and Thermodynamics Part of the Advanced Structured Materials book series (STRUCTMAT, v 108) - 2019 -pp 475-487., Presnetsova, V. Yu., Romashin, S. N., Frolenkova, L. Yu., Shorkin, V. S., Yakushina, S. I.: A variant of describing adhesion interaction in the probe sample system of an atomic-force microscope // Nanoscience and Technology: An International Journal. –2018. – Vol. 9. – Iss. 4. – pp. 299 – 323.

4. Лифшиц, Е. М. Теория межмолекулярных сил притяжения между твердыми телами: в кн.: «Труды Е. М. Лифшица» / Е. М. Лифшиц; под. ред. Л. П. Питаевского, Ю. Г. Рудого // ЖЭТФ, 29, 94, 1955/ – М.: Физматлит, 2004. – 648 с.

5. Зимон, А. Д. Адгезия пленок и покрытий / А. Д. Зимон. – М.: Химия, 1977. – 352 с.

6. Петч, Н. Металлографические аспекты разрушения / Н. Петч. // Разрушение. Ред. Либовиц Г. – М.: Мир, 1973. – Т. 1. – С. 376 – 420.

**Барсуков Геннадий Валерьевич**

ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» доктор технических наук, профессор кафедры машиностроения 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95 Тел.: + 7 (4862) 413295 E-mail: awj@list.ru

**Кожус Ольга Геннадьевна**

ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» вед. инж. 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95 Тел.: + 7 (4862) 413295 E-mail: okozhus@mail.ru

**Шоркин Владимир Сергеевич**

ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева», г. Орел, доктор физико-математических наук, профессор, кафедры технической физики и математики 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95 Тел. +79606550077 E-mail: v.s.shorkin@yandex.ru

**Якушина Светлана Ивановна**

ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева», г. Орел Кандидат технических наук, доцент кафедры технической физики и математики 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95 Тел. +79536169951 E-mail: Jakushina@rambler.ru

---

G.V. BARSUKOV, O.G. KOZHUS, V.S. SHORKIN, S.I. YAKUSHINA

**FEATURES OF MATHEMATICAL MODELING OF ADHESION COATINGS AND ABRASIVE GRAINS IN DESIGNING THE PROCESS OF WATERJET CUTTING**

**Abstract.** *A significant disadvantage of the waterjet cutting process is the rapid wear of the parts of the installation that implements it due to the action of abrasive grains. To eliminate it, the grains are covered with a protective shell (encapsulate), which levels the effect of the grains on the part, but splits and releases the grain when it hits the cut object. A feature of mathematical modeling of the adhesion of the coating and abrasive grains is the identification in its process of optimizing its relationship between the characteristics of adhesion and the characteristics of the cutting process. The paper presents an example of mathematical modeling of the adhesion state, which makes it possible to obtain analytical dependences of the adhesion energy and adhesive contact damage on the characteristics of the elastic properties of the contacting materials of the shell and grain. They made it possible to evaluate the possibility of coating splitting upon impact of an encapsulated abrasive grain in the composition of a hydroabrasive jet against the surface being cut by comparing the total adhesion energy of the coating and grains of given sizes with their kinetic energy in the composition of the jet.*

**Keywords:** *waterjet cutting, encapsulation of abrasive grains, mathematical modeling, adhesion.*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Barsukov, G. Quality of Hydroabrasive Waterjet Cutting Machinability / G. Barsukov, T. Zhuravleva, O. Kozhus // Procedia Engineering. - 2017. - Т. 206. - S. 1034-1038.

2. Yablunovsky, Ya.Yu. Improving the efficiency of hydroabrasive treatment based on the energy of a two-phase cutting jet [Text]: author. dis. for the competition scientist step. cand. tech. Sciences: 05.02.07 / Yablunovsky Ya.Yu. - Rybinsk, 2012. - 16 p.

3. Shorkin V. S., Presnetsova V. Yu., Presniakov V. V., Frolenkova L. Yu., Yakushina S. I. Initial Damage of Composite Materials // New Achievements in Continuum Mechanics and Thermodynamics Part of the Advanced Structured Materials book series (STRUCTMAT, v 108) - 2019 -pp 475-487., Presnetsova, V. Yu., Romashin, S. N., Frolenkova, L. Yu., Shorkin, V. S., Yakushina, S. I.: A variant of describing adhesion interaction in the probe sample system of an atomic- force microscope // Nanoscience and Technology: An International Journal. –2018. – Vol. 9.-Iss. 4.-pp. 299 - 323.

4. Lifshits, E. M. Theory of intermolecular forces of attraction between solids: in the book: "Proceedings of E. M. Lifshitz" / E. M. Lifshits; under. ed. L. P. Pitaevsky, Yu. G. Rudogo // ZhETF, 29, 94, 1955 / - М.: Физматлит, 2004. - 648 p.

5. Zimon, A. D. Adhesion of films and coatings / A. D. Zimon. - М.: Chemistry, 1977. - 352 p.

6. Petch, N. Metallographic aspects of destruction / N. Petch. // Destruction. Ed. Libowitz G. - М.: Mir, 1973. - Т. 1. - S. 376 - 420.

**Barsukov Gennady Valeryevich**

Orel State University, Orel Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanical

**Kozhus Olga Gennadijevna**

Orel State University, Orel Leading Engineer 302026, Orel, Komsomolskaya st, 95 Ph.: + 7 (4862) 413295 E-mail: okozhus@mail.ru

## **МАШИНОВЕДЕНИЕ И МЕХАТРОНИКА**

УДК 621.82

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-63-68

А.В. ГОРИН, А.Ю. РОДИЧЕВ, М.А. ЯКУНИНА, А.Д. СЕРЕБРЕННИКОВ

### **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ИМПУЛЬСНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ**

**Аннотация.** В статье рассматривается математическая модель работы импульсного гидропневматического привода. Решение получено в средах Mathcad и Matlab. Представлена схема стенда для изучения влияния вязкости рабочей жидкости. Приведено фото экспериментального гидропневматического привода с установленными контрольно-измерительными приборами. Выполнен сравнительный анализ теоретических и экспериментальных результатов, показавший их хорошую сходимость. Сделаны выводы о влиянии температуры смазочного материала на работу импульсного гидропневматического привода. Даны рекомендации по применению рабочих жидкостей для получения стабильной энергии удара импульсного гидравлического привода.

**Ключевые слова:** гидропневматический привод, температура, энергия, коэффициент полезного действия, рабочая жидкость.

*Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта «Создание цифровой системы мониторинга, диагностики и прогнозирования состояния технического оборудования с применением технологии искусственного интеллекта на базе отечественных аппаратных и программных средств», Соглашение №075-11-2021-043 от 25.06.2021 г.*

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Горбунов, В.Ф. Импульсный гидропривод горных машин [Текст] / В.Ф. Горбунов, А.Г. Лазуткин, Л.С. Ушаков. – Новосибирск: Наука, 1986. – 197с.
2. Ушаков, Л.С. Гидравлические машины ударного действия [Текст] / Л.С. Ушаков, Ю.Е. Котылев, В.А. Кравченко. – М.: Машиностроение, 2000. – 416с.
3. Горин, А.В. Объемный гидропривод комбинированной машины для образования скважин в грунтах [Текст] / А.В. Горин, Д.Н. Ешуткин, М.А. Горина. – Орел: Госуниверситет-УНПК, 2015. – 127с.
4. Котылев, Ю.Е. Прикладная теория гидравлических машин ударного действия [Текст] / Ю.Е. Котылев, Д.Н. Ешуткин. – М.: Машиностроение-1, 2007. – 176с.
5. Горин, А.В. Применение гидравлических машин ударного действия для образования скважин в грунтах [Текст] / А.В. Горин, Д.Н. Ешуткин, М.А. Горина. – Орел: Госуниверситет-УНПК, 2015. – 151с.
6. Горин, А.В. Структурный анализ и синтез машин для бестраншейного строительства трубопроводов на основе гидравлического следящего привода [Текст] / А.В. Горин, Д.Н. Ешуткин // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: Госуниверситет-УНПК, 2011. - №2(33). – С. 101-105.
7. Ешуткин, Д.Н. Моделирование привода статико-динамической машины для бестраншейного строительства трубопроводов [Текст] / Д.Н. Ешуткин, А.В. Журавлева, А.В. Горин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орел: Госуниверситет-УНПК, 2011. - №3(287). – С. 20-26.
8. Ешуткин, Д.Н. Методика инженерного расчета статико-динамической машины для бестраншейного строительства трубопроводов [Текст] / Д.Н. Ешуткин, А.В. Горин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орел: Госуниверситет-УНПК, 2011. - №2/2(286). – С. 104-109.

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»,  
канд. техн. наук, доцент кафедры мехатроники,  
механики и робототехники  
302020, г.Орёл, Наугорское шоссе, 29  
E-mail: gorin57@mail.ru

**Якунина Мария Андреевна**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»  
студент  
302020, г.Орёл, Наугорское шоссе, 29  
E-mail: gryadunova65@mail.ru

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»,  
канд. техн. наук, доцент кафедры сервиса  
и ремонта машин  
302020, г.Орёл, Наугорское шоссе, 29  
E-mail: rodfox@yandex.ru

**Серебренников Артем Дмитриевич**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»  
аспирант  
302020, г.Орёл, Наугорское шоссе, 29  
E-mail: gryadunova65@mail.ru

---

A.V. GORIN, A.Yu. RODICHEV, M.A. YAKUNINA, A.D. SEREBRENIKOV

## **SIMULATION OF A ROTOR SUPPORT ASSEMBLY WITH PILOT CONICAL BEARING**

**Abstract.** *The article deals with a mathematical model of the operation of a pulsed hydropneumatic drive. The solution was obtained in the Mathcad and Matlab environments. The scheme of the stand for studying the influence of the viscosity of the working fluid is presented. A photo of an experimental hydropneumatic drive with installed instrumentation is shown. A comparative analysis of theoretical and experimental results has been carried out, which has shown their good convergence. Conclusions are drawn about the influence of the temperature of the lubricant on the operation of a pulsed hydropneumatic drive. Recommendations are given on the use of working fluids to obtain a stable impact energy of a pulsed hydraulic drive.*

**Keywords:** *hydropneumatic drive, temperature, energy, efficiency, working fluid.*

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Gorbunov, V.F. Pulse hydraulic drive of mining machines [Text] / V.F. Gorbunov, A.G. Lazutkin, L.S. Ushakov. - Novosibirsk: Nauka, 1986. - 197p.
2. Ushakov, L.S. Hydraulic impact machines [Text] / L.S. Ushakov, Yu.E. Kotylev, V.A. Kravchenko. - M.: Mashinostroenie, 2000. - 416 p.
3. Gorin, A.V. Volumetric hydraulic drive of a combined machine for the formation of wells in soils [Text] / A.V. Gorin, D.N. Yeshutkin, M.A. Gorin. - Eagle: State University-UNPK, 2015. - 127p.
4. Kotylev, Yu.E. Applied theory of shock hydraulic machines [Text] / Yu.E. Kotylev, D.N. Yeshutkin. - M.: Mashinostroenie-1, 2007. - 176s.
5. Gorin, A.V. The use of hydraulic impact machines for the formation of wells in soils [Text] / A.V. Gorin, D.N. Yeshutkin, M.A. Gorin. - Eagle: State University-UNPK, 2015. - 151s.
6. Gorin, A.V. Structural analysis and synthesis of machines for trenchless construction of pipelines based on a hydraulic servo drive [Text] / A.V. Gorin, D.N. Yeshutkin // World of Transport and Technological Machines. - Eagle: State University-UNPK, 2011. - No. 2 (33). - S. 101-105.
7. Yeshutkin, D.N. Modeling the drive of a static-dynamic machine for trenchless pipeline construction [Text] / D.N. Yeshutkin, A.V. Zhuravleva, A.V. Gorin // Fundamental and applied problems of engineering and technology. - Eagle: State University-UNPK, 2011. - No. 3 (287). - S. 20-26.
8. Yeshutkin, D.N. Methods of engineering calculation of a static-dynamic machine for trenchless pipeline construction [Text] / D.N. Yeshutkin, A.V. Gorin // Fundamental and applied problems of engineering and technology. - Eagle: State University-UNPK, 2011. - No. 2/2 (286). - S. 104-109.

#### **Gorin Andrei Vladimirovich**

Orel State University named after I.S. Turgenev  
candidate of technical Sciences, associate professor of  
the department service and repair of machines  
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
E-mail: gorin57@mail.ru

#### **Yakunina Maria Andreevna**

Orel State University named after I.S. Turgenev  
student  
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
E-mail: gryadunova65@yandex.ru

#### **Rodichev Alexey Yurevich**

Orel State University named after I.S. Turgenev  
candidate of technical Sciences, associate professor of  
the department service and repair of machines  
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
E-mail: rodfox@yandex.ru

#### **Serebrennikov Artom Dmitrievich**

Orel State University named after I.S. Turgenev  
graduate student  
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
E-mail: gryadunova65@mail.ru

М.Э. БОНДАРЕНКО, Р.Н. ПОЛЯКОВ, М.А. ТОКМАКОВА, И.В. РОДИЧЕВА

## ДИАГНОСТИКА КОМБИНИРОВАННОГО ПОДШИПНИКОВОГО УЗЛА С ЛЕПЕСТКОВЫМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ ПОДШИПНИКОМ

**Аннотация.** В статье представлено описание конструкции и принципа работы диагностируемого комбинированного подшипникового узла с лепестковым газодинамическим подшипником. Комбинированный подшипниковый узел представляет собой совмещенный подшипник качения и лепестковый газодинамический подшипник по последовательной схеме, а также электромагнитные катушки, размещенные на корпусе и парные каждому лепестку, что позволяет управлять и отслеживать деформацией каждого лепестка через параметры питающего напряжения электромагнитных катушек. Предложен общий подход к построению математической модели диагностики и управления с целью обеспечения максимальной виброустойчивости роторно-опорного узла за счет активного управления динамическими характеристиками многоклинового газодинамического подшипника.

**Ключевые слова:** роторно-опорный узел; комбинированный подшипниковый узел; лепестковый газодинамический подшипник; диагностика, активное управление; электромагнитная сила; виброустойчивость.

*Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта «Создание цифровой системы мониторинга, диагностики и прогнозирования состояния технического оборудования с применением технологии искусственного интеллекта на базе отечественных аппаратных и программных средств», Соглашение №075-11-2021-043 от 25.06.2021 г.*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Работнов Ю.Н. Сопrotивление материалов. М.: Изд.: Физматгиз, 1962. - 456 с.
2. Журавлев Ю.Н. Активные магнитные подшипники: теория, расчет, применение. СПб.: Политехника, 2003, - 206 с.
3. Ханович М.Г. Опоры жидкостного трения и комбинированные опоры. – Л.: Mashgiz, 1960. – 272 с.
4. Experimental evaluation of the series hybrid rolling bearing / R.J. Parker, D.P. Fleming, W.J. Anderson, H.H. Coo. – NASA TN D-7011, 1970. – 27 p.
5. Butner M.F. Space shuttle main engine long-life bearings / M.F. Butner, B.T. Murphy. – NASA CR179455, 1986. – 163 p.
6. Nielson C.E. Hybrid hydrostatic/ball bearings in highspeed turbomachinery. – NASA CR-168124, 1982. – 386 p.
7. Harnoy A. Hydro-Roll: A novel bearing design with superior thermal characteristics / A. Harnoy, M. Khonsary // Tribology transactions, 1996. – Vol. 39. – PP. 455-461.
8. Dun L. Static characteristics of a new hydrodynamic-rolling hybrid bearing / L. Dun, Z. Wanhua, L. Bingheng, Z. Juan // Tribology International, 2012. – Vol. 48. – PP. 87-92.

**Бондаренко Максим Эдуардович**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел  
канд. техн. наук, старший преподаватель  
кафедры мехатроники, механики и робототехники  
302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29  
E-mail: maxbondarenko22@yandex.ru

**Поляков Роман Николаевич**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»,  
доктор техн. наук, зав. кафедрой мехатроника,  
механика и робототехника  
302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29  
E-mail: romanpolak@mail.ru

**Токмакова Мария Андреевна**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»  
аспирант  
302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29  
E-mail: gorin57@mail.ru

**Родичева Ирина Владимировна**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»  
аспирант  
302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29  
E-mail: rodfox@yandex.ru

---

M.E. BONDARENKO, R.N. POLYAKOV, M.A. TOKMAKOVA, I.V. RODICHEVA

### DIAGNOSTICS OF A COMBINED BEARING ASSEMBLY

## WITH A LOBED GAS DYNAMIC BEARING

**Abstract.** *The article describes the design and operating principle of the diagnosed combined bearing assembly with a lobed gas dynamic bearing. The combined bearing assembly is a combined rolling bearing and a lobed gas dynamic bearing according to a sequential scheme, as well as electromagnetic coils placed on the housing and paired with each lobe, which allows you to control and monitor the deformation of each lobe through the parameters of the supply voltage of the electromagnetic coils. A general approach to the construction of a mathematical model of diagnostics and control is proposed in order to ensure maximum vibration stability of the rotor-bearing unit due to active control of the dynamic characteristics of a multiline gas dynamic bearing.*

**Keywords:** *rotary support unit; combined bearing unit; lobe gas dynamic bearing; diagnostics, active control; electromagnetic force; vibration resistance.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Worknov Yu.N. Resistance of materials. M.: Publishing house: Fizmatgiz, 1962. 456 p.
2. Zhuravlev Yu.N. Active magnetic bearings: theory, calculation, application. St. Petersburg: Polytechnic, 2003, 206 p.
3. Khanovich M.G. Liquid friction supports and combined supports. – L.: Mashgiz, 1960. – 272 p.
4. Experimental evaluation of a serial hybrid rolling bearing / R.J. Parker, D.P. Fleming, W.J. Anderson, H.H. Coe. - NASA TN D-7011, 1970. - 27 p.
5. Butner M.F. Long-lasting bearings of the space shuttle main engine / M.F. Butner, B.T. Murphy. – NASA CR179455, 1986. – 163 p.
6. Nilson K.E. Hybrid hydrostatic and ball bearing bearings in high-speed turbomachines. – NASA CR-168124, 1982. – 386 p.
7. Harnoy A. Hidrokatka: a new bearing design with excellent thermal characteristics / A. Harnoy, M. Khonsari // Tribology transactions, 1996. – Vol. 39. - pp. 455-461.
8. Dong L. Static characteristics of a new hybrid hydrodynamic rolling bearing / L. Dong, Z. Wanhua, L. Binheng, Z. Huang // International Tribology, 2012. – vol. 48. - pp. 87-92.

#### **Bondarenko Maxim Eduardovich**

Orel State University  
candidate of technical Sciences, assistant of the  
Department mechatronics, mechanics and robotics  
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
E-mail: maxbondarenko22@yandex.ru

#### **Tokmakova Maria Andreevna**

Orel State University named after I.S. Turgenev  
graduate student  
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
E-mail: gorin57@mail.ru

#### **Polyakov Roman Nikolaevich**

Orel State University named after I.S. Turgenev  
doctor of technical Sciences, associate professor of the  
department mechatronics, mechanics and robotics  
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
E-mail: romanpolak@mail.ru

#### **Rodicheva Irina Vladimirovna**

Orel State University named after I.S. Turgenev  
graduate student  
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
E-mail: rodfox@yandex.ru

© М.Э. Бондаренко, Р.Н. Поляков, М.А. Токмакова, И.В. Родичева, 2022

УДК 621-822

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-76-84

Л.А. САВИН, Д.В. ШУТИН, Ю.Н. КАЗАКОВ, ШЭНБО ЛИ

## ЗАДАЧИ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗА ТРИБОТРОННЫХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ

**Аннотация.** *Рассмотрены особенности проектирования триботронных систем на примере опор роторов. Сформированы базовые подходы к проведению структурного синтеза подшипников жидкостного трения с интегрированными функциями автоматизированного контроля и активного управления. Представлены обобщенные алгоритмы структурного синтеза роторных систем с активными опорами.*

**Ключевые слова:** *триботронные системы, опоры роторов, проектирование, синтез и анализ, структурный синтез, активное управление, моделирование, оптимизация, автоматизированная диагностика.*

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00789, <https://rscf.ru/project/22-19-00789/>.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хорошев А.Н. Введение в управление проектированием технических систем. Москва, 1999. 372 с.
2. Гопта Е.А. Автоматизация процесса синтеза структур физического принципа действия: дис. к.т.н. Волгоград, 2014. 135 с.
3. Джонс Д.К. Методы проектирования. М.: Мир, 1986. 326 с.
4. Pahl G., Beitz W. Engineering Design. London, 1984. 430 с.
5. Сусакова Т.В. Структурный синтез и анализ механизмов параллельной структуры с поступательным движением выходного звена / Сусакова Т.В., Самойлова В.В., Едакин А.И., Рамжаев В.С. // Вестник научно-технического развития. 2020. № 6 (154). С.13-17.
6. Толстошеев А.К., Татаринцев В.А. Структурный синтез самоустанавливающихся механизмов промышленных роботов с параллельной кинематикой // Транспортное машиностроение. 2019. №4 (77).
7. Li Z., Zhao D., Zhao J. Structure synthesis and workspace analysis of a telescopic spraying robot // Mechanism and Machine Theory. 2019. Т. 133. С. 295–310.
8. Горшков, К. С. Анализ и структурный синтез электрических цепей методом схемных определителей: учебное пособие / К.С. Горшков, Ю.В. Токарев, В.В. Филаретов. Ульяновск: УлГТУ, 2008. 245 с.
9. Cui X. The synthesis method of logic circuits based on the iMemComp gates / Cui X., Lin Q., Cui X., Wei F., Liu X., Kang J. // Integration. 2020. Т. 74. С. 115–126.
10. Karpenko A.P., Kuzmina I.A. Structural and parametric synthesis of population algorithms for global optimization / Procedia Computer Science. 2021. Т. 186, С. 299-308
11. Савин Л.А., Соломин О.В. Моделирование роторных систем с опорами жидкостного трения: монография. М.: Машиностроение-1. 2006. 444 с.
12. Polyakov R. The approach to building the algorithm for controlling rotor motion in a hybrid mechatronic bearing / R. Polyakov, M. Bondarenko, D. Shutin, L. Savin // Vibroengineering Procedia, Moscow, 04–07 октября 2016 года. 2016. Т. 8. С. 219-224.
13. Горюнов А.И. Метод структурного и параметрического синтеза и анализа энергоустановок / А.И. Горюнов, Р.Р. Ямалиев, Д.А. Ахмедзянов. // Молодой ученый. 2011. № 2 (25). Т. 1. С. 16-19.

### **Савин Леонид Алексеевич**

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел  
Профессор кафедры мехатроники, механики и  
робототехники  
E-mail: savin3257@mail.ru

### **Шутин Денис Владимирович**

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел  
Научный сотрудник НОЦ «Интеллектуальные  
технологии мониторинга и диагностики  
энергогенерирующего оборудования»  
E-mail: rover.ru@gmail.com

### **Казakov Юрий Николаевич**

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел  
Стажер-исследователь НОЦ «Интеллектуальные  
технологии мониторинга и диагностики  
энергогенерирующего оборудования»  
E-mail: kazakyurii@yandex.ru

### **Ли Шэнбо**

Сямьинский технический университет, г. Сямьинь,  
КНР  
Доцент кафедры машиностроения и  
автомобилестроения  
E  
m

---

L.A. SAVIN, D.V. SHUTIN, Y.N. KAZAKOV, SHENGBO LI

## **PROBLEMS OF STRUCTURAL SYNTHESIS OF TRIBOTRONIC BEARINGS**

**Abstract.** *The design features of tribotronic systems are considered on the example of rotor supports. Basic approaches to the structural synthesis of fluid friction bearings with integrated functions of automated control and active control are described. Generalized algorithms for the structural synthesis of rotor systems with active bearings are presented.*

**Keywords:** *tribotronic systems, rotor supports, design, synthesis and analysis, structural synthesis, active control, simulation, optimization, automated diagnostics.*

## **BIBLIOGRAPHY**

1. Khoroshev A.N. Introduction to engineering systems design management. Moscow, 1999. 372 p.
2. Gupta E.A. Automation of the process of synthesis of structures of the physical principle of action: dis. Ph.D. Volgograd, 2014. 135 p.
3. Jones D.K. Design methods. M.: Mir, 1986. 326 p.

4. Pahl G., Beitz W. Engineering Design. London, 1984. 430 p.
5. Susakova T.V. Structural synthesis and analysis of the mechanisms of a parallel structure with translational motion of the output link / Susakova T.V., Samoiloa V.V., Edakin A.I., Ramzhaev V.S. // Bulletin of scientific and technical development. 2020. No. 6 (154). P. 13-17.
6. Tolstosheev A.K., Tatarintsev V.A. Structural synthesis of self-aligning mechanisms of industrial robots with parallel kinematics // Transport Engineering. 2019. No. 4 (77).
7. Li Z., Zhao D., Zhao J. Structure synthesis and workspace analysis of a telescopic spraying robot // Mechanism and Machine Theory. 2019. V. 133. P. 295–310.
8. Gorshkov, K.S. Analysis and structural synthesis of electrical circuits by the method of circuit determinants: study guide / K.S. Gorshkov, Yu.V. Tokarev, V.V. Filaretov. Ulyanovsk: UIGTU, 2008. 245 p.
9. Cui X. The synthesis method of logic circuits based on the iMemComp gates / Cui X., Lin Q., Cui X., Wei F., Liu X., Kang J. // Integration. 2020. V. 74. P. 115–126.
10. Karpenko A.P., Kuzmina I.A. Structural and parametric synthesis of population algorithms for global optimization / Procedia Computer Science. 2021. V. 186, P. 299-308.
11. Savin L.A., Solomin O.V. Modeling of rotor systems with fluid friction bearings: monograph. M.: Mashinostroenie-I. 2006. 444 p.
12. Polyakov R. The approach to building the algorithm for controlling rotor motion in a hybrid mechatronic bearing / R. Polyakov, M. Bondarenko, D. Shutin, L. Savin // Vibroengineering Procedia, Moscow, October 04–07, 2016. 2016. V. 8. P. 219-224.
13. Goryunov A.I. Method of structural and parametric synthesis and analysis of power plants / A.I. Goryunov, R.R. Yamaliev, D.A. Akhmedzyanov. // Young scientist. 2011. No. 2 (25). T. 1. P. 16-19.

**Savin Leonid Alekseevich**

Orel State University,  
Professor of the Department of Mechatronics, Mechanics  
and Robotics  
E-mail: savin3257@mail.ru

**Shutin Denis Vladimirovich**

Orel State University,  
Researcher of the REC "Intelligent Technologies for  
Monitoring and Diagnostics of Power Generating  
Equipment"  
E-mail: rover.ru@gmail.com

**Kazakov Yury Nikolaevich**

Orel State University,  
Intern-researcher of REC "Intelligent technologies for  
monitoring and diagnostics of power generating equipment"  
E-mail: kazakyurii@yandex.ru

**Li Shengbo**

Xiamen University of Technology, Xiamen, China  
Associate Professor of the School of Mechanical and  
Automotive Engineering  
E-mail: hit204@qq.com

© Л.А. Савин, Д.В. Шутин, Ю.Н. Казаков, Шэнбо Ли, 2022

УДК 53.08

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-85-90

А.С. ФЕТИСОВ, Д.В. ШУТИН, М.Н. СМЕТАНИН, К.К. НАСТЕПАНИН

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ РОТОРА В ОПОРАХ ЖИДКОСТНОГО ТРЕНИЯ

**Аннотация.** В статье представлены результаты экспериментальных исследований по измерению перемещений ротора при помощи различных датчиков виброперемещений и различных конфигурациях установки этих датчиков. Достоверный анализ точности определения положения ротора в подшипниках скольжения нужен не только для диагностики состояния роторной системы, но и для верификации различных математических моделей роторных систем, в том числе для задач управления движением ротора в триботронных опорах. В ходе проведения эксперимента показания датчиков сравнивались с показаниями механического стрелочного микрометра. Результаты эксперимента показывают, что размах индуктивных датчиков виброперемещений значительно больше колебаний ротора, измеренных микрометром, за один оборот ротора. Показания вихретокового датчика виброперемещений имеют диапазон колебаний, сравнимый с измерениями микрометром, что делает их более подходящими для определения действительного положения ротора.

**Ключевые слова:** роторные системы, активные подшипники, триботронные опоры, виброперемещения, датчик перемещений, точность измерений.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00789, <https://rscf.ru/project/22-19-00789/>.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. - ГОСТ ИСО 10816-1-97. – 12 с.
2. Агрегаты паротурбинные стационарные. Нормы вибрации валопроводов и общие требования к проведению измерений. - ГОСТ 27165-97. – 8 с.
3. Santos I.F. Mechatronics Applied to Machine Elements with Focus on Active Control of Bearing, Shaft and Blade Dynamics. PhD thesis. Technical University of Denmark, 2010. 107 p.
4. Farmakopoulos P.G., Nikolakopoulos M.G. Design of an active hydromagnetic journal bearing // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology. Vol. 227. 2013. PP. 673-694.
5. M.A. Naugaard. On Controllable Elastohydrodynamic Fluid Film Bearings. DTU Mechanical Engineering, PhD thesis, 2011. 182 p.
6. Ecker H., Tondl A. Increasing the Stability Threshold of a Rotor by Open-Loop Control of the Bearing Mount Stiffness, In: Proceedings of ISCORMA-3, Cleveland, Ohio, 19—23 September 2005
7. Mizumoto, H., Arai, S., Yabuta, Y., Tazoe, Y., Vibration Control of a High-Speed Air-Bearing Spindle using an Active Aerodynamic Bearing. International Conference on Control, Automation and Systems 2010, Gyeonggi-do, Korea, Oct. 27-30, 2010 in KINTEX, ISBN 978-89- 93215-02-1.
8. Mechanical vibration – Vibration of rotating machinery equipped with active magnetic bearings. - ISO 14839-1:2018. – 22 P.
9. Шутин Д.В. Анализ точности показаний датчиков перемещений при определении положения ротора в опорах жидкостного трения / Шутин Д.В., Фетисов А.С.//Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. - №3 (353). – 2022. – С. 97-102.
10. Вихретоковый датчик перемещения DonghaoTest [Internet]:
11. Вихретоковый датчик HZ-891XL [Internet]: <http://www.shhangzhen.com/pd.jsp?id=31>.
12. В

и

**Фетисов Александр Сергеевич**  
рФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел  
еМладший научный сотрудник НОЦ  
т«Интеллектуальные технологии мониторинга и  
одиагностики энергогенерирующего оборудования»  
кE-mail: fetisov57rus@mail.ru

**Шутин Денис Владимирович**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел  
Научный сотрудник НОЦ «Интеллектуальные  
технологии мониторинга и диагностики  
энергогенерирующего оборудования»  
E-mail: rover.ru@gmail.com

о

**Сметанин Максим Николаевич**  
ьФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел  
йСтудент кафедры мехатроники, механики и  
робототехники  
пE-mail: s.max2003@yandex.ru

**Настепанин Кирилл Константинович**  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел  
Студент кафедры мехатроники, механики и  
робототехники  
E-mail: nastepanin02@mail.ru

р

е

о

б

р

а

з

о

в

а

т

е

л

л

а

е

т

н

т

е

р

н

е

т

л

т

т

р

а

л

г

л

A.S. FETISOV, D.V. SHUTIN, M.N. SMETANIN, K.K. NASTEPANIN

## EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE ACCURACY OF DETERMINATION THE ROTOR POSITION IN SLIDING BEARINGS

**Abstract.** *The article presents the results of experimental study of measuring rotor displacements using various vibration displacement sensors and various installation configurations of these sensors. A reliable analysis of the accuracy of determining the position of the rotor in sliding bearings is needed not only for diagnosing the state of the rotor system, but also for verifying various mathematical models of rotor systems, including for problems of controlling the motion of the rotor in tribotronic bearings. During the experiment, measurements of the sensors were compared with the measurements of a mechanical pointer micrometer. The results of the experiment show that the range of inductive vibration displacement sensors is much larger than the rotor oscillations measured with a micrometer during one revolution of the rotor. The readings of the eddy current vibration transducer have a fluctuation range comparable to measurements with a micrometer, which makes them more suitable for determining the actual position of the rotor.*

**Keywords:** *active control system, vibration displacement sensor, rotor.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Mechanical vibration. Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts. - GOST ISO 10816-1-97. – 12 p.
2. Large land-based steam turbine-generator sets. Evaluation of machine vibration by measurement on rotating shafts and general requirements for the measurement of vibration. - GOST 27165-97. – 8 p.
3. Santos I.F. Mechatronics Applied to Machine Elements with Focus on Active Control of Bearing, Shaft and



Blade Dynamics. PhD thesis. Technical University of Denmark, 2010. 107 p.

4. Farmakopoulos P.G., Nikolakopoulos M.G. Design of an active hydromagnetic journal bearing // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology. Vol. 227. 2013. PP. 673-694.

5. M.A. Haugaard. On Controllable Elastohydrodynamic Fluid Film Bearings. DTU Mechanical Engineering, PhD thesis, 2011. 182 p.

6. Ecker H., Tondl A. Increasing the Stability Threshold of a Rotor by Open-Loop Control of the Bearing Mount Stiffness, In: Proceedings of ISCORMA-3, Cleveland, Ohio, 19—23 September 2005

7. Mizumoto, H., Arii, S., Yabuta, Y., Tazoe, Y., Vibration Control of a High-Speed Air-Bearing Spindle using an Active Aerodynamic Bearing. International Conference on Control, Automation and Systems 2010, Gyeonggi-do, Korea, Oct. 27-30, 2010 in KINTEX, ISBN 978-89- 93215-02-1.

8. Mechanical vibration – Vibration of rotating machinery equipped with active magnetic bearings. - ISO 14839-1:2018. – 22 P.

9. Shutin D.V. Accuracy of vibration sensors in problems of active control of rotor systems / Shutin D.V., Fetisov A.S. // Fundamental and applied problems of engineering and technology. – Vol.3 (353). – 2022. – Pp. 97-102.

10. Eddy current displacement sensor DonghaoTest [Internet]: <http://www.donghaotest.com/productinfo/174064.html>.

11. Eddy current displacement sensor HZ-891XL [Internet]: <http://www.shhangzhen.com/pd.jsp?id=31>.

12. Eddy current displacement sensor [Internet]: <https://globaltest.ru/shop/datchiki/vixretokovj-preobrazovatel/>

**Fetisov Alexander Sergeevich**

Orel State University,  
Junior Researcher, SEC "Intelligent technologies for monitoring and diagnostics of power generating equipment"  
E-mail: fetisov57rus@mail.ru

**Shutin Denis Vladimirovich**

Orel State University,  
Researcher, SEC "Intelligent technologies for monitoring and diagnostics of power generating equipment"  
E-mail: rover.ru@gmail.com

**Smetanin Maxim Nikolayevich**

Orel State University,  
Student of the Department of Mechatronics, Mechanics and Robotics  
E-mail: s.max2003@yandex.ru

**Nastepanin Kirill Kostantinovich**

Orel State University,  
Student of the Department of Mechatronics, Mechanics and Robotics  
E-mail: nastepanin02@mail.ru

© А.С. Фетисов, Д.В. Шутин, М.Н. Сметанин, К.К. Настепанин, 2022

УДК 621.82

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-91-95

А.Ю. РОДИЧЕВ, Р.Н. ПОЛЯКОВ, К.В. ВАСИЛЬЕВ, Е.М. МИНАЕВА

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ РОТОРНО-ОПОРНЫХ УЗЛОВ**

**Аннотация.** В статье рассмотрен обзор и применение нейронных сетей для диагностики роторных систем при помощи термограмм. В статье описано решение двух задач анализа полученных изображений при помощи нейронных сетей. Первая - задача классификации, вторая – предиктивного анализа. В решении данных задач используются две нейронные сети: resNet 18 и resNet 34. На основе проведённых экспериментов выявлена наиболее подходящая нейронная сеть для классификации и предиктивной диагностики роторно-опорного оборудования. Результаты эксперимента позволяют сделать положительный вывод о способе диагностики роторных систем при помощи искусственных нейронных сетей.

**Ключевые слова:** термограмма, способ, роторные опоры, измерения, нейронная сеть.

*Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта «Создание цифровой системы мониторинга, диагностики и прогнозирования состояния технического оборудования с применением технологии искусственного интеллекта на базе отечественных аппаратных и программных средств», Соглашение №075-11-2021-043 от 25.06.2021 г.*

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Feng Z, Liang M, Chu F. Recent advances in time-frequency analysis methods for machinery fault diagnosis: a review with application examples. Mech Syst Signal Process 2013;38 (1):165–205.

2. Li Y, Wang X, Si S, Huang S. Entropy based fault classification using the case western reserve university data: a benchmark study. *IEEE Trans Reliab* 2019. (2019-03-07)[2019-03-28]. Available from: <https://doi.org/10.1109/TR.2019.2896240>.
3. Wang Z, Du W, Wang J, Zhou J, Han X, Zhang Z, et al. Research and application of improved adaptive momenta fault diagnosis method. *Measurement* 2019;140:63–75.
4. Wang Z, He W, Du W, Zhou J, Han X, Wang J, et al. Application of parameter optimized variational mode decomposition method in fault diagnosis of gearbox. *IEEE Access* 2019;7:44871–82.
5. Li Y, Wang X, Liu Z, Liang X, Si S. The entropy algorithm and its variants in the fault diagnosis of rotating machinery: a review. *IEEE Access* 2018;6:66723–41.
6. Zhang C, Harne RL, Li B, Wang K. Statistical quantification of dc power generated by bistable piezoelectric energy harvesters when driven by random excitations. *J Sound Vib* 2019;442:770–86.
7. Zhang C, Liu Y, Wan F, Chen B, Liu J, Hu B. Multi-faults diagnosis of rolling bearings via adaptive customization of flexible analytical wavelet bases. *Chinese J Aeronautics* 2019. (2019-03-25) [2019-03-28]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cja.2019.03.014>.
8. Li Y, Li G, Yang Y, Liang X, Xu MA. fault diagnosis scheme for planetary gearboxes using adaptive multi-scale morphology filter and modified hierarchical permutation entropy. *Mech Syst Signal Process* 2018;105:319–37.
9. Zhao M, Lin J. Health assessment of rotating machinery using a rotary encoder. *IEEE Trans Ind Electron* 2017;65(3):2548–56.

**Родичев Алексей Юрьевич**

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»,  
канд. техн. наук, доцент кафедры сервиса  
и ремонта машин  
302020, г.Орёл, Наугорское шоссе, 29  
E-mail: rodfox@yandex.ru

**Поляков Роман Николаевич**

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»,  
доктор техн. наук, зав. кафедрой мехатроника,  
механика и робототехника  
302020, г.Орёл, Наугорское шоссе, 29  
E-mail: romanpolak@mail.ru

**Васильев Кирилл Владимирович**

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»  
студент  
302020, г.Орёл, Наугорское шоссе, 29  
E-mail: rodfox@yandex.ru

**Минаева Екатерина Михайловна**

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»  
студент  
302020, г.Орёл, Наугорское шоссе, 29  
E-mail: rodfox@yandex.ru

A.Yu. RODICHEV, R.N. POLYAKOV, K.V. VASILIEV, E.M. MINAEVA

## INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR THE DIAGNOSIS OF ROTARY SUPPORT NODES

**Abstract.** *The article discusses the review and application of neural networks for the diagnosis of rotary systems using thermograms. The article describes the solution of two problems of analyzing the obtained images using neural networks. The first is the task of classification, the second is predictive analysis. Two neural networks are used in solving these problems: ResNet 18 and reset 34. Based on the conducted experiments, the most suitable neural network for classification and predictive diagnostics of rotary-support equipment has been identified. The results of the experiment allow us to draw a positive conclusion about the method of diagnosing rotary systems using artificial neural networks.*

**Keywords:** *thermogram, method, rotary supports, measurements, neural network.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Feng Z, Liang M, Chu F. Recent advances in time-frequency analysis methods for machinery fault diagnosis: a review with application examples. *Mech Syst Signal Process* 2013;38 (1):165–205.
2. Li Y, Wang X, Si S, Huang S. Entropy based fault classification using the case western reserve university data: a benchmark study. *IEEE Trans Reliab* 2019. (2019-03-07)[2019-03-28]. Available from: <https://doi.org/10.1109/TR.2019.2896240>.
3. Wang Z, Du W, Wang J, Zhou J, Han X, Zhang Z, et al. Research and application of improved adaptive momenta fault diagnosis method. *Measurement* 2019;140:63–75.
4. Wang Z, He W, Du W, Zhou J, Han X, Wang J, et al. Application of parameter optimized variational mode decomposition method in fault diagnosis of gearbox. *IEEE Access* 2019;7:44871–82.
5. Li Y, Wang X, Liu Z, Liang X, Si S. The entropy algorithm and its variants in the fault diagnosis of rotating machinery: a review. *IEEE Access* 2018;6:66723–41.
6. Zhang C, Harne RL, Li B, Wang K. Statistical quantification of dc power generated by bistable piezoelectric energy harvesters when driven by random excitations. *J Sound Vib* 2019;442:770–86.
7. Zhang C, Liu Y, Wan F, Chen B, Liu J, Hu B. Multi-faults diagnosis of rolling bearings via adaptive customization of flexible analytical wavelet bases. *Chinese J Aeronautics* 2019. (2019-03-25) [2019-03-28]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cja.2019.03.014>.
8. Li Y, Li G, Yang Y, Liang X, Xu MA. fault diagnosis scheme for planetary gearboxes using adaptive multi-scale morphology filter and modified hierarchical permutation entropy. *Mech Syst Signal Process* 2018;105:319–37.

9. Zhao M, Lin J. Health assessment of rotating machinery using a rotary encoder. IEEE Trans Ind Electron 2017;65(3):2548–56.

**Rodichev Alexey Yurevich**

Orel State University named after I.S. Turgenev  
candidate of technical Sciences, associate professor of  
the department service and repair of machines  
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
E-mail: rodfox@yandex.ru

**Polyakov Rman Nikolaevich**

Orel State University named after I.S. Turgenev  
doctor of technical Sciences, associate professor of the  
department mechatronics, mechanics and robotics  
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
E-mail: romanpolak@mail.ru

**Vasiliev Kirill Vladimirovich**

Orel State University named after I.S. Turgenev  
graduate student  
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
E-mail: rodfox@yandex.ru

**Minaeva Ekaterina Mikhailovna**

Orel State University named after I.S. Turgenev  
student  
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29  
E-mail: rodfox@yandex.ru

© А.Ю. Родичев, Р.Н. Поляков, К.В. Васильев, Е.М. Минаева, 2022

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

УДК 616.71: 615.841, 616-084

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-96-105

А.А. ПЕТРЕНКО, В.С. КУБЛАНОВ

### **ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕЙ ПАМЯТИ И ВНИМАНИЯ**

**Аннотация.** В настоящей работе приведены результаты исследования возможности применения нейроэлектростимуляции пространственно распределенным полем импульсов напряжения периферических нервных образований шей для улучшения параметров рабочей памяти и внимания. Мишенью стимуляции являются шейные ганглии симпатической нервной системы. Контроль функциональных изменений в организме осуществляется с помощью анализа изменений параметров вариабельности сердечного ритма и вегетативной нервной системы, для оценки параметров рабочей памяти и внимания используется психометрический тест dual 2-back. В исследовании приняли участие 58 добровольцев-испытуемых, разделенных с помощью рандомизации на основную и плацебо группы. Результаты исследования показали, что предложенная методика позволяет улучшить показатели рабочей памяти и внимания, а также нормализовать состояние вегетативной нервной системы. Результаты исследования могут быть использованы при разработке программ и методик для коррекции когнитивных навыков в образовательном процессе.

**Ключевые слова:** нейроэлектростимуляция, когнитивные характеристики, рабочая память, внимание, вариабельность сердечного ритма

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Наличаева, С.А. Психология стресса: учебно-методическое пособие. – Севастополь: Авангард, 2018. – 97 с.
2. Gupta, P.K. Working Memory and Learning Disabilities: A Review / P.K. Gupta, V. Dr. Sharma // The International Journal of Indian Psychology. – 2017. – Vol. 4 (4). – P. 111–121. DOI: 10.25215/0404.013.
3. Masoura, E.V. Establishing the link between working memory function and learning disabilities. Learning disabilities / E.V. Masoura // A contemporary journal. – 2006. – Vol. 4 (2). – P.29–41.
4. Swanson, H.L., Howard, C.B., Saez, L. Do different components of working memory underlie different subgroups of reading disabilities? / H.L. Swanson, C.B. Howard, L. Saez // Journal of learning disabilities. – 2006. – Vol. 39 (3). – P. 252–269.
5. Alloway, T.P. Working memory, but not IQ, predicts subsequent learning in children with learning difficulties / T.P. Alloway // European Journal of Psychological Assessment. – 2009. – Vol. 25 (2). – P.92–98. DOI: 10.1027/1015-5759.25.2.92.
6. Лебедев, А.В. Психические процессы и состояния: метод. пособие для студентов всех специальностей / А.В. Лебедев, Ю.А. Жигалов. – СПб: СПбГАХИТ, 1999. – 124 с.
7. Мандель, Б.Р. Современная педагогическая психология. Полный курс: Иллюстрированное учебное пособие для студентов всех форм обучения / Б.Р. Мандель. – М.–Берлин: Директ–Медиа, 2015, – 828с
8. Newhouse P. Effects of nicotinic stimulation on cognitive performance / P. Newhouse // Current Opinion in Pharmacology. – 2004. – Vol. 4. – № 1. – P. 36–46.
9. Nicotine improves memory for delayed intentions / J. M. Rusted, S. Trawley, J. Heath [et al.] // Psychopharmacology. – 2005. – Vol. 182. – № 3. – P. 355–365.

10. Warburton D. M. Nicotine as a cognitive enhancer / D. M. Warburton // *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*. – 1992. – Vol. 16. – № 2. – P. 181–192.
11. Caffeine and Central Noradrenaline: Effects on Mood, Cognitive Performance, Eye Movements and Cardiovascular Function / A. Smith, C. Brice, J. Nash [et al.] // *Journal of Psychopharmacology*. – 2003. – Vol. 17. – Caffeine and Central Noradrenaline. – № 3. – P. 283–292.
12. Caffeine strengthens action monitoring: evidence from the error-related negativity / Z. Tiegies, K. Richard Ridderinkhof, J. Snel, A. Kok // *Cognitive Brain Research*. – 2004. – Vol. 21. – Caffeine strengthens action monitoring. – № 1. – P. 87–93.
13. Lieberman H. R. The Effects of Ginseng, Ephedrine, and Caffeine on Cognitive Performance, Mood and Energy / H. R. Lieberman // *Nutrition Reviews*. – 2009. – Vol. 59. – № 4. – P. 91–102
14. Effects of modafinil on working memory processes in humans / U. Muller, N. Steffenhagen, R. Regenthal, P. Bublak // *Psychopharmacology*. – 2004. – Vol. 177. – № 1–2. – P. 161–169.
15. Hoy K. E. Brain stimulation in psychiatry and its effects on cognition / K. E. Hoy, P. B. Fitzgerald // *Nature Reviews. Neurology*. – 2010. – Т. 6. – № 5. – С. 267–275.
16. Modulating the brain at work using noninvasive transcranial stimulation / R. A. McKinley, N. Bridges, C. M. Walters, J. Nelson // *NeuroImage*. – 2012. – Т. 59. – № 1. – С. 129–137.
17. Кубланов, В.С. Новые принципы организации нейрореабилитации / В.С. Кубланов, М.В. Бабич, Т.С. Петренко // *Медицинская Техника*. – 2018. – № 1. – С. 6–9.
18. Normative data on the n-back task for children and young adolescents / S. Pelegrina, M.T. Lechuga., J.A. García-Madruga, M. Rosa Elosúa // *Front. Psychol.* – 2015. – Vol.6:1544, P. 1–11.
19. The relationship between n-back performance and matrix reasoning – implications for training and transfer / S. Jaeggi, B. Studer-Luethi, M. Buschkuhl, Y. Su // *Intelligence*. – 2010. – Vol. 38, – № 6. – P. 625–635.

**Петренко Анна Александровна**

ФГАОУ ВО «УРФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»  
 Старший преподаватель кафедры радиоэлектроники и телекоммуникаций  
 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19  
 Тел. +79122528544  
 E-mail: a.a.petrenko@urfu.ru,

**Кубланов Владимир Семенович**

ФГАОУ ВО «УРФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»  
 Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры радиоэлектроники и телекоммуникаций  
 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19,  
 Тел. +79122827262  
 E-mail: kublanov@mail.ru

A.A. PETRENKO, V.S. KUBLANOV

## NEUROELECTROSTIMULATION AS A METHOD OF INCREASING WORKING MEMORY AND ATTENTION PARAMETERS

**Abstract.** *This paper presents the results of a study of using the neuroelectrostimulation of peripheral nerve formations of the neck to improve cognitive skills, namely the working memory and attention parameters of subjects. The impact was carried out by stimulating the nerve formations of the neck with a spatially distributed field of voltage impulses. The target of stimulation is the cervical ganglia of the sympathetic nervous system, the control of functional changes in the body was carried out by changes in the autonomic nervous system based on the analysis of heart rate variability parameters. The psychometric dual 2 back test was used to assess working memory and attention. The study involved 58 subjects, divided by randomization into the main and placebo groups. The results of the study showed that the proposed structure of the multichannel effect, which implements the method of neuroelectrostimulation of the nerve formations of the neck, improves working memory and attention parameters, as well as normalizes the state of the autonomic nervous system. The results of the study can be used in the development of programs and methods for the correction of cognitive skills in the educational process.*

**Keywords:** *neuroelectrostimulation, cognitive characteristics, working memory, attention, heart rate variability.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Nalichaeva S.A. *Psihologiya stressa* [Psychology of stress]. Sevastopol, Avangard, 2018. 97 p. (in Russ.).
2. Gupta P.K. Working Memory and Learning Disabilities: A Review. *The International Journal of Indian Psychology*, 2017, Vol. 4 (4), pp. 111–121. DOI: 10.25215/0404.013.
3. Masoura E.V. Establishing the link between working memory function and learning disabilities. *Learning disabilities. A contemporary journal*, 2006, Vol. 4 (2), pp.29–41.
4. Swanson H.L., Howard, C.B., Saez, L. Do different components of working memory underlie different subgroups of reading disabilities? *Journal of learning disabilities*, 2006, Vol. 39 (3), – pp. 252–269.
5. Alloway T.P. Working memory, but not IQ, predicts subsequent learning in children with learning difficulties. *European Journal of Psychological Assessment*, 2009, Vol. 25 (2), pp.92–98. DOI: 10.1027/1015–5759.25.2.92.
6. Lebedev A.V., Zhigalov Yu.A. *Psihicheskie processy i sostoyaniya* [Mental processes and states]. SPb, 1999. 124 p. (in Russ.).
7. Mandel B.R. *Sovremennaya pedagogicheskaya psihologiya* [Modern educational psychology]. Moscow, Direkt–Media, 2015. 828 p. (in Russ.).
8. Newhouse P. Effects of nicotinic stimulation on cognitive performance / P. Newhouse // *Current Opinion in Pharmacology*. – 2004. – Vol. 4. – № 1. – P. 36–46.

9. Nicotine improves memory for delayed intentions / J. M. Rusted, S. Trawley, J. Heath [et al.] // *Psychopharmacology*. – 2005. – Vol. 182. – № 3. – P. 355–365.
10. Warburton D. M. Nicotine as a cognitive enhancer / D. M. Warburton // *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*. – 1992. – Vol. 16. – № 2. – P. 181–192.
11. Caffeine and Central Noradrenaline: Effects on Mood, Cognitive Performance, Eye Movements and Cardiovascular Function / A. Smith, C. Brice, J. Nash [et al.] // *Journal of Psychopharmacology*. – 2003. – Vol. 17. – Caffeine and Central Noradrenaline. – № 3. – P. 283–292.
12. Caffeine strengthens action monitoring: evidence from the error-related negativity / Z. Tiegies, K. Richard Ridderinkhof, J. Snel, A. Kok // *Cognitive Brain Research*. – 2004. – Vol. 21. – Caffeine strengthens action monitoring. – № 1. – P. 87–93.
13. Lieberman H.R. The Effects of Ginseng, Ephedrine, and Caffeine on Cognitive Performance, Mood and Energy / H.R. Lieberman // *Nutrition Reviews*. – 2009. – Vol. 59. – № 4. – P. 91–102
14. Effects of modafinil on working memory processes in humans / U. Muller, N. Steffenhagen, R. Regenthal, P. Bublak // *Psychopharmacology*. – 2004. – Vol. 177. – № 1–2. – P. 161–169.
15. Hoy K. E. Brain stimulation in psychiatry and its effects on cognition / K. E. Hoy, P. B. Fitzgerald // *Nature Reviews. Neurology*. – 2010. – Т. 6. – № 5. – С. 267–275.
16. Modulating the brain at work using noninvasive transcranial stimulation / R. A. McKinley, N. Bridges, C. M. Walters, J. Nelson // *NeuroImage*. – 2012. – Т. 59. – № 1. – С. 129–137.
17. Kublanov V.S. [New principles of organization of neurorehabilitation] / V.S. Kublanov, M.V. Babich, T.S. Petrenko // *Medical Technology*, 2018. Vol. 1., pp. 6–9. (in Russ.).
18. Normative data on the n-back task for children and young adolescents / S. Pelegrina, M.T. Lechuga., J.A. García-Madruga, M. Rosa Elosúa // *Front. Psychol.* – 2015. – Vol.6:1544, P. 1–11.
19. The relationship between n-back performance and matrix reasoning – implications for training and transfer / S. Jaeggi, B. Studer-Luethi, M. Buschkuhl, Y. Su // *Intelligence*. – 2010. – Vol. 38, – № 6. – P. 625–635.

**Petrenko Anna Aleksandrovna**

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin»  
Senior lecturer of the Department of Radioelectronics and Telecommunications  
620002, Yekaterinburg, st. Mira, 19  
Ph.: +79122528544  
E-mail: a.a.petrenko@urfu.ru

**Kublanov Vladimir Semenovich**

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin»  
Doctor of technical sciences, Professor, professor of the Department of Radioelectronics and Telecommunications  
620002, Yekaterinburg, st. Mira, 19  
Ph.: +79122827262  
E-mail: kublanov@mail.ru

© А.А. Петренко, В.С. Кубланов, 2022

УДК 616 – 079.2+004.032.26

DOI:10.33979/2073-7408-2022-356-6-106-111

Е.О. БРЯНСКАЯ

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЙ ВЕРХНЕЧЕЛЮСТНЫХ ПАЗУХ ПРИ ЦИФРОВОЙ ДИАФАНОСКОПИИ**

**Аннотация.** Работа посвящена анализу возможности применения сверточных нейронных сетей с целью выявления патологий верхнечелюстных пазух при цифровой диафаноскопии. Произведен набор экспериментальных данных с помощью устройства цифровой диафаноскопии с участием условно здоровых добровольцев и пациентов с различными патологическими изменениями верхнечелюстных пазух. Представлены результаты обучения сверточных нейронных сетей для обработки зарегистрированных изображений (182 изображения). Полученные показатели чувствительности и специфичности для задачи выявления наличия патологического изменения в верхнечелюстных пазухах были сопоставимы с ранее полученными результатами и составили 90,9 % и 91,7% для длины волны 650 нм, 81,8% и 91,7% для длины волны 850 нм. Полученные результаты превышают показатели точности, характерные для других методов скрининг диагностики заболеваний верхнечелюстных пазух (например, метод риноскопии), что позволяет говорить о перспективности применения данного подхода для распознавания патологических изменений верхнечелюстных пазух.

**Ключевые слова:** оптическая диагностика, цифровая диафаноскопия, верхнечелюстные пазухи, воспалительные заболевания, оптические свойства.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Koch, F.H.J. Ophthalmic diaphanoscopy [Text] / F.H.J. Koch, S. Deuchler, P. Singh, M. Heßling // *Ophthalmologie*. – 2017. – Vol. 114. – № 9. – P. 857-864.
2. Миронов, В.Н. Диафаноскопия в комплексной диагностике цистоцеле у женщин [Текст] / В.Н. Миронов // *Уральский медицинский журнал*. – 2012. – № 2. – С. 65-67.
3. Zabarylo, U.J. Methodische Untersuchungen zur Bildbearbeitung von diaphanoskopischen Streulichtbildern und deren Fusion mit anderen Modalitäten der Bildgebung [Text] / U.J. Zabarylo // *Doctoral dissertation*. – 2021. – P.69.
4. Волков, А.Г. Цифровая диафанографическая диагностика фронтита [Текст] / А.Г. Волков, К.К. Грошков // *Вестник оториноларингологии*. – 2010. – Т. 4. – С. 58-62.
5. Пат. 2657940 Российская Федерация, МПК А61В 5/01 (2006.01) А61В 1/04 (2006.01). Способ диагностики заболеваний верхнечелюстных пазух пациента и устройство для его осуществления / В.Г. Артюшенко, В.Г. Агеев, Г.Л. Даниелян, О. Минэ, У. Забарило; заявитель и патентообладатель Арт фотоникс ГмбХ (DE). – № 2017115320; заявл. 02.05.2017; опубл. 18.06.2018, Бюл. № 17. – 8 с.: ил.
6. Брянская, Е.О. Применение метода цифровой диафаноскопии для диагностики воспалительных заболеваний околоносовых пазух / Е.О. Брянская, И.Н. Маковик, О.А. Бибилова, А.В. Дунаев, О.Минэ, У. Забарило, Е.Г. Феликсбергер, В.Г. Артюшенко. – 2019. – Т. 3. – № 335. – С. 111-120.
7. Программы скрининга: краткое руководство. Повышение эффективности, максимальное увеличение пользы и минимизация вреда // Европейское региональное бюро ВОЗ. – 2020. – 72 С.
8. Sagan, A. Screening. When is it appropriate and how can we get it right? [Text] / A. Sagan, D. Mcdaid, S. Rajan, J. Farrington, M. Mckee // *Health systems and policy analysis*. – 2020. – P. 24.
9. Самойленко, А. Информационная беспроводная система диафаноскопической диагностики состояния носовых и лобных пазух [Текст] / А. Самойленко, А. Волков, А. Назаренко // *Материалы Международной научно-технической и научно-методической интернет-конференции в режиме off-line «Проблемы современной системотехники»*. – 2008. – С. 123.
10. Добытко, И.В. Совершенствование неинвазивных способов диагностики параназальных синуситов у детей [Текст] / И.В. Добытко // *Автореф. исс. канд. мед. наук.* – СПб, 2010. – С. 24.
11. Bryanskaya, E.O. Digital diaphanoscopy data processing for differentiation of maxillary sinus pathologies [Text] / E.O. Bryanskaya, V.V. Dremin, I.N. Novikova, Yu.O. Nikolaeva, V.G. Pilnikov, A.V. Bakotina, A.Yu. Ovchinnikov, D.N. Panchenkov, A.V. Baranov, V.G. Artyushenko, A.V. Dunaev // *2022 International Conference Laser Optics, ICLO 2022 – Proceedings*. – IEEE. – 2022. – P. 1-1.
12. Bryanskaya, E.O. Optical Diagnostics of the Maxillary Sinuses by Digital Diaphanoscopy Technology / E.O. Bryanskaya, I.N. Novikova, V.V. Dremin, R.Yu. Gneushev, O.A. Bibikova, A.V. Dunaev, V.G. Artyushenko // *Diagnostics*. – 2021. – Vol. 11. – № 1. – P. 77.
13. Jacques, S.L. Optical properties of biological tissues : a review [Text] / S.L. Jacques // *Physics in Medicine & Biology*. – 2013. – Vol. 58. – № 11. – P. 37-61.
14. Peters, V.G. Optical properties of normal and diseased human breast tissues in the visible and near infrared [Text] / V.G. Peters, D.R. Wyman, M.S. Patterson, G.L. Frank // *Physics in Medicine & Biology*. – 1990. – Vol. 35. – № 9. – P. 1317-1334.
15. van Veen, R., Intraoperatively assessed optical properties of malignant and healthy breast tissue used to determine the optimum wavelength of contrast for optical mammography [Text] / R. van Veen, H. J. C. M. Sterenborg, A.W. Marinelli, M.B.E. Menke-Pluymers // *JBO*. – Vol. 9, № 6. – 2004. – P. 1129-1136.
16. Брянская, Е.О. Анализ влияния оптических свойств гнойного содержимого на результат диагностики в цифровой диафаноскопии / Е.О. Брянская // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. – 2022. – Т. 2. – № 352. – С. 160-167.
17. He, K. Deep residual learning for image recognition [Text] / K.He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun // *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. – 2015. – P. 1-12.
18. Python.org [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.python.org/>.
19. Fast.ai–Making neural nets uncool again [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fast.ai/>.
20. Colaboratory [Электронный ресурс]. – URL: <https://colab.research.google.com/notebooks/intro.ipynb>.
21. ImageNet [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.image-net.org/>.
22. Vision augmentation - fast.ai [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.fast.ai/vision.augment.html>.
23. Aysel, A. Is Paranasal Sinus Computed Tomography Required before Every Septorhinoplasty Surgery? [Text] / A. Aysel, A.M. Koc, M.E. Zorlu, O. Yildirim, T. Muderris // *European Journal of Rhinology and Allergy*. – 2021. – Vol. 4. – № 3. – P. 77-80.

**Брянская Екатерина Олеговна**

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орел,  
стажер-исследователь научно-технологического центра биомедицинской фотоники  
Россия, г. Орел, ул. Комсомольская, 95  
E-mail: bryanskayaec@mail.ru

E.O. BRYANSKAYA

## POSSIBILITIES OF USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS TO CLASSIFY THE STATES OF THE MAXILLARY SINUSES IN DIGITAL DIAPHANOSCOPY

**Abstract.** *The work is devoted to the analysis of the possibility of using convolutional neural networks in order to identify maxillary sinus pathologies in digital diaphanoscopy. A set of experimental data was produced using a digital diaphanoscopy device with the participation of conditionally healthy volunteers and patients with various pathological changes of maxillary sinuses. The results of training convolutional neural networks for processing registered scattering patterns of light (182 images) are presented. The obtained sensitivity and specificity indicators for the task of detecting the presence of pathological changes in the maxillary sinuses were comparable with the previously obtained results and amounted to 90.9% and 91.7% for a wavelength of 650 nm, 81.8% and 91.7% for a wavelength of 850 nm. The results obtained exceed the accuracy indicators characteristic of other methods of budget diagnostics of maxillary sinus pathologies (for example, rhinoscopy), which suggests the prospects of using this approach to recognize pathological changes of maxillary sinuses.*

**Keywords:** *optical diagnostics, digital diaphanoscopy, maxillary sinuses, inflammatory disease, optical properties.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Koch, F.H.J. Ophthalmic diaphanoscopy [Text] / F.H.J. Koch, S. Deuchler, P. Singh, M. Heßling // Ophthalmologe. – 2017. – Vol. 114. – № 9. – P. 857-864.
2. Mironov, V.N. Diafanoskopiya v kompleksnoj diagnostike cistocele u zhenshchin [Tekst] / V.N. Mironov // Uralskij medicinskij zhurnal. – 2012. – № 2. – P. 65-67.
3. Zabarylo, U.J. Methodische Untersuchungen zur Bildbearbeitung von diaphanoskopischen Streulichtbildern und deren Fusion mit anderen Modalitäten der Bildgebung [Text] / U.J. Zabarylo // Doctoral dissertation. – 2021. – P.69.
4. Volkov, A.G. Cifrovaya diafanograficheskaya diagnostika frontita / A.G. Volkov, K.K. Groshkov // Vestnik otorinolaringologii. – 2010. – №4. – P. 58-62.
5. Pat. 2657940 Rossiiskaya Federaciya, MPK A61B 5/01 (2006.01) A61B 1/04 (2006.01). Sposob diagnostiki zabelevanii verhnichelustnih pazuh pacienta I ustroystvo dlya ego osushchestvleniya / V.G. Artushenko, V.G. Ageev, G.L. Danielyan, Mine Olaf, Zabarilo Ursulla Ioanna; zayavitel I patentoobladatel Art Photonics GMB (DE) – № zayavka; №2017115320; zayavl. 02.05.2017; opubl. 18.06.2018, Byul. № 17. – 8 p.: il.
6. Bryanskaya, E.O. Primenenie metoda cifrovoj diafanoskopii dlya diagnostiki vospalitelnyh zabelevanij okolonosovyh pazuh / E.O. Bryanskaya, I.N. Makovik, O.A. Bibikova, A.V. Dunaev, O.Mine, U. Zabarilo, E.G. Feliksberger, V.G. Artyushenko. – 2019. – T. 3. – № 335. – P. 111-120.
7. Programmy skrininga: kratkoe rukovodstvo. Povyshenie effektivnosti, maksimalnoe uvelichenie polzy i minimizaciya vreda [Tekst] // Evropejskoe regionalnoe byuro VOZ. – 2020. – 72 P.
8. Sagan, A. Screening. When is it appropriate and how can we get it right? [Text] / A. Sagan, D. Mcdaid, S. Rajan, J. Farrington, M. Mckee // Health systems and policy analysis. – 2020. – P. 24.
9. Samojlenko, A. Informacionnaya besprovodnaya sistema diafanoskopicheskoy diagnostiki sostoyaniya nosovyh i lobnyh pazuh [Tekst] / A. Samojlenko, A. Volkov, A. Nazarenko // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy i nauchno-metodicheskoy internet-konferencii v rezhime off-line «Problemy sovremennoj sistemotekhniki». – 2008. – S. 123.
10. Dobytko, I.V. Sovershenstvovanie neinvazivnyh sposobov diagnostiki paranazalnyh sinusitov u detej [Tekst] / I.V. Dobytko // Avtoref. iss. kand. med. nauk. – SPb, 2010. – P. 24.
11. Bryanskaya, E.O. Digital diaphanoscopy data processing for differentiation of maxillary sinus pathologies [Text] / E.O. Bryanskaya, V.V. Dremin, I.N. Novikova, Yu.O. Nikolaeva, V.G. Pilnikov, A.V. Bakotina, A.Yu. Ovchinnikov, D.N. Panchenkov, A.V. Baranov, V.G. Artyushenko, A.V. Dunaev // 2022 International Conference Laser Optics, ICLO 2022 – Proceedings. – IEEE. – 2022. – P. 1-1.
12. Bryanskaya, E.O. Optical Diagnostics of the Maxillary Sinuses by Digital Diaphanoscopy Technology / E.O. Bryanskaya, I.N. Novikova, V.V. Dremin, R.Yu. Gneushev, O.A. Bibikova, A.V. Dunaev, V.G. Artyushenko // Diagnostics. – 2021. – Vol. 11. – №. 1. – P. 77.
13. Jacques, S.L. Optical properties of biological tissues : a review [Text] / S.L. Jacques // Physics in Medicine & Biology. – 2013. – Vol. 58. – № 11. – P. 37-61.
14. Peters, V.G. Optical properties of normal and diseased human breast tissues in the visible and near infrared [Text] / V.G. Peters, D.R. Wyman, M.S. Patterson, G.L. Frank // Physics in Medicine & Biology. – 1990. – Vol. 35. – № 9. – P. 1317-1334.
15. van Veen, R., Intraoperatively assessed optical properties of malignant and healthy breast tissue used to determine the optimum wavelength of contrast for optical mammography [Text] / R. van Veen, H. J. C. M. Sterenberg, A.W. Marinelli, M.B.E. Menke-Pluymers // JBO. – Vol. 9, № 6. – 2004. – P. 1129-1136.
16. Bryanskaya, E.O. Analiz vliyaniya opticheskikh svoystv gnojnogo sodержimogo na rezultat diagnostiki v cifrovoj diafanoskopii / E.O. Bryanskaya // Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2022. – Vol. 2. – № 352. – P. 160-167.

17. He, K. Deep residual learning for image recognition [Text] / K.He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun // Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2015. – P. 1-12.
18. Python.org [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.python.org/>.
19. Fast.ai–Making neural nets uncool again [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fast.ai/>.
20. Colaboratory [Электронный ресурс]. – URL: <https://colab.research.google.com/notebooks/intro.ipynb>.
21. ImageNet [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.image-net.org/>.
22. Vision augmentation - fast.ai [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.fast.ai/vision.augment.html>.
23. Aysel, A. Is Paranasal Sinus Computed Tomography Required before Every Septorhinoplasty Surgery? [Text] / A. Aysel, A.M. Koc, M.E. Zorlu, O. Yildirim, T. Muderris // European Journal of Rhinology and Allergy. – 2021. – Vol. 4. – № 3. – P. 77-80.

**Bryanskaya Ekaterina Olegovna**

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel,  
research assistant of Research & Development Center of Biomedical Photonics  
Russia, Orel, st. Komsomolskaya, 95  
E-mail: bryanskayae@mail.ru

© Е.О. Брянская, 2022

УДК 628.862.2[628.853]

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-112-121

Л.А. БОНДАРЕВА, В.Д. СЕЛИХОВА

## ИСКУССТВЕННЫЙ МИКРОКЛИМАТ КАК СРЕДСТВО ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЮ ИНФЕКЦИЙ И ПОДДЕРЖАНИЯ КОМФОРТА ЧЕЛОВЕКА

**Аннотация.** В статье проводится анализ соответствия требований санитарной и нормативно-технической документации современному уровню знаний о влиянии показателей микроклимата на размножение и распространение вирусов и микробов. Представлены результаты экспериментального исследования, зафиксировавшие достаточно серьезные отклонения параметров учебных помещений от допускаемых норм. Приводятся рекомендации по обеспечению комфортной и эпидемиологически безопасной внутренней среды помещений общественных организаций.

**Ключевые слова:** микроклимат, показатели микроклимата, параметры внутренней среды помещений, комфорт, эпидемиологическая безопасность

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осипенко И.Н., Клименко А.Н. Чистый город – главная задача предприятий, организаций города, местных и государственных органов власти [Электронный ресурс]. – Менеджер. – 2018. – № 2 (84). – С. 110-117.
2. ГОСТ 30494-2011. Межгосударственный стандарт. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – М.: Стандартинформ, 2019. – 15 с.
3. Загрязнение воздуха внутри помещений и лёгкие: [Электронный ресурс] // European Lung Foundation. – URL: <https://europeanlung.org/ru/information-hub/factsheets/> (дата обращения: 06.07.2022 г.).
4. Lisa M. Casanova, Soyoung Jeon, William A. Rutala, et al., Effects of Air Temperature and Relative Humidity on Coronavirus Survival on Surfaces // Applied and environmental microbiology. – 2010. – Vol. 76. – № 9. – С. 2712–2717.
5. Обращение во Всемирную Организацию Здравоохранения: [Электронный ресурс]. – URL: <https://40to60rh.com/ru/> (дата обращения: 07.04.2022).
6. Kudoa E. Low ambient humidity impairs barrier function and innate resistance against influenza infection / E. Kudoa, E. Songa, L.J. Yockeya, T. Rakiba, P.W. Wonga, R.J. Homerb and A. Iwasaki // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2019. – № 116(22).
7. Noti J.D. High Humidity Leads to Loss of Infectious Influenza Virus from Simulated Coughs / J.D. Noti, F.M. Blachere, C.M. McMillen, W.G. Lindsley, M.L. Kashon, D.R. Slaughter, D.H. Beezhold. – High Humidity Decreases Flu Infectivity. – 2013. – Volume 8. – Issue 2.
8. Yang W. Relationship between Humidity and Influenza A Viability in Droplets and Implications for Influenza Seasonality / W. Yang, S. Elankumaran, L.C. Marr. – PLoS ONE. – 2012. – 7(10):e46789. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0046789>. (дата обращения: 05.07.2022 г.)



9. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 №2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания". – М.: Официальный интернет-портал правовой информации, 2021. – 975 с

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

**Селихова Виктория Денисовна**  
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени Тургенева», г. Орел  
Магистрант первого курса направления подготовки «Биотехнические системы и технологии»  
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29  
Телефон: +7-905-169-508-40.  
E-mail: selihovika@yandex.ru

---

L.A. BONDAREVA, V.D. SELIKHOVA

## **ARTIFICIAL MICROCLIMATE AS A MEANS OF COUNTERING THE SPREAD OF INFECTIONS AND MAINTAINING HUMAN COMFORT**

***Abstract.** The article analyzes the compliance of the requirements of sanitary and regulatory and technical documentation with the current level of knowledge about the influence of microclimate indicators on the reproduction and spread of viruses and microbes. The results of an experimental study are presented, which recorded quite serious deviations of the parameters of educational premises from the permissible norms. Recommendations are given to ensure a comfortable and epidemiologically safe internal environment of the premises of public organizations.*

***Keywords:** microclimate, microclimate indicators, indoor environment parameters, comfort, epidemiological safety.*

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Osipenko I.N., Klimenko A.N. CHistyj gorod – glavnaya zadacha predpriyatij, organizacij goroda, mestnyh i gosudarstvennyh organov vlasti [Elektronnyj resurs]. – Menedzher. – 2018. – № 2 (84). – S. 110-117.
2. Zagryaznenie vozduha vnutri pomeshchenij i lyogkie: [Elektronnyj resurs] // European Lung Foundation. – URL: <https://europeanlung.org/ru/information-hub/factsheets/> (data obrashcheniya: 06.07.2022 g.).
3. Lisa M. Casanova, Soyoung Jeon, William A. Rutala, et al., Effects of Air Temperature and Relative Humidity on Coronavirus Survival on Surfaces // Applied and environmental microbiology. – 2010. – Vol. 76. – № 9. – C. 2712–2717.
4. Obrashchenie vo Vsemirnuyu Organizaciju Zdravoohraneniya: [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://40to60rh.com/ru/> (data obrashcheniya: 07.04.2022).
5. Kudoa E. Low ambient humidity impairs barrier function and innate resistance against influenza infection / E. Kudoa, E. Songa, L.J. Yockeya, T. Rakiba, P.W. Wonga, R.J. Homerb and A. Iwasaki // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2019. – № 116(22).
6. Noti J.D. High Humidity Leads to Loss of Infectious Influenza Virus from Simulated Coughs / J.D. Noti, F.M. Blachere, C.M. McMillen, W.G. Lindsley, M.L. Kashon, D.R. Slaughter, D.H. Beezhold. – High Humidity Decreases Flu Infectivity. – 2013. – Volume 8. – Issue 2.
7. Yang W. Relationship between Humidity and Influenza A Viability in Droplets and Implications for Influenzas Seasonality / W. Yang, S. Elankumaran, L.C. Marr. – PLoS ONE. – 2012. – 7(10):e46789. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0046789>. (data obrashcheniya: 05.07.2022 g.)
8. Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 28.01.2021 №2 «Ob utverzhdanii sanitarnyh pravil i norm SanPiN 1.2.3685-21 "Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya". – М.: Oficialnyj internet-portal pravovoj informacii, 2021. – 975 с;
9. GOST 30494-2011. Mezhhgosudarstvennyj standart. Zdaniya zhilye i obshchestvennye. Parametry mikroklimate v pomeshcheniyah. – М.: Standartinform, 2019. – 15 с.

**Bondareva Lyudmila Alexandrovna**  
Oryol State University named after I.S. Turgenev, Oryol

**Selikhova Victoria Denisovna**  
Oryol State University named after I.S. Turgenev, Oryol  
Undergraduate of the Department Instrumentation,  
metrology and certification

М.Ю. КОСТЕНКОВА, М.А. СИДОРОВА

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ КОГНИТИВНОЙ ГРАФИКИ В ОТДЕЛЕНИЯХ РЕАНИМАЦИИ

**Аннотация.** В статье поднимается проблема повышения эффективности принятия решения врачом медицины критического состояния (МКС) по оказанию реанимационной помощи пациенту, а также проблема графического представления информации о состоянии пациента, на примере его биохимического анализа крови. Для наглядного представления показателей крови пациента, находящегося в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), выбраны методы когнитивной графики, адаптированные для отображения многомерных медицинских данных. На основе анализа материала графического представления медданных, а также анализа интервалов нормы и патологии биохимического анализа крови авторами статьи предложен вариант специализированной программы с «дружественным интерфейсом». Существенное преимущество такого программного продукта заключается в качественном и своевременном получении необходимой информации о состоянии пациентов. А в дальнейшем - при принятии решения врачом для стабилизации пациента.

**Ключевые слова:** реанимация, мониторинг, когнитивная графика, система поддержки принятия решений, медицина критических состояний, биохимический анализ крови, интервалы нормы и патологии показателей крови.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация в медицине. Как системы управления доступом повышают качество обслуживания пациентов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zdrav.expert/index.php/> Статья: Автоматизация\_в\_медицине. Как\_системы\_управления\_доступом\_повышают\_качество\_обслуживания\_пациентов.html
2. Протокол ведения пациентов в отделении анестезиологии и реанимации и оформления медицинской документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://admtymen.ru/files/upload/OIV/D\\_zdr/Документы/Ведение%20пациентов%20и%20оформление%20документации.pdf](https://admtymen.ru/files/upload/OIV/D_zdr/Документы/Ведение%20пациентов%20и%20оформление%20документации.pdf).
3. Д.С. Сачилович, О.А. Шумак, Ж.Н. Пугачева, Е.П. Лукьяненко, Т.П. Кляпец Интерпретация показателей крови на автоматическом гематологическом анализаторе. Практическое пособие для врачей - Гомель, ГУ «РНПЦ РМиЭЧ», 2018, С - 27.
4. Хиггинс К. Расшифровка клинических лабораторных анализов [Электронный ресурс] / К. Хиггинс; пер. с англ.; под ред. проф. В. Л. Эмануэля. – 7-е изд. (эл.). – Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 592 с.). – М.: Лаборатория знаний, 2016.
5. [https://ru.wikipedia.org/wiki/недетерминированная\\_машина\\_Тьюринга](https://ru.wikipedia.org/wiki/недетерминированная_машина_Тьюринга)
6. В. Н. Брагилевский. Лекции по теории алгоритмов, 2019 – С. 113.
7. Куликов Д. Е. Средства, решения и подходы к визуализации данных в медицинских информационных системах / Программные системы: теория и приложения / В.А. Рыбак. - Переславль-Залесский, 2009 – С. 241-257.
8. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Тепловая\\_карта](https://ru.wikipedia.org/wiki/Тепловая_карта)
9. Марухина О. В., Берестнева О. Г., Мокина Е. Е. Визуализация и анализ многомерных экспериментальных данных / «Информационные и математические технологии в науке и управлении» / О.В. Марухина, О.Г. Берестнева. – Иркутск, 2016 - №4–2, С. 90-95
10. Емельянова Ю.Г., Фраленко В.П. Методы когнитивно-графического представления информации для эффективного мониторинга сложных технических систем / Программные системы: теория и приложения / Ю.Г. Емельянова, В.П. Фраленко. - Переславль-Залесский, т. 9, №4(39), с. 117–158
11. Сидорова, М.А., Строков П.К. Применение информационных технологий для экспресс-диагностики критических состояний пациентов / XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – Пенза: ПензГТУ, 2013. - № 10 (14). - С. 144-151.

12. Баулина, О.В. Автоматизация процесса учета основных показателей критического состояния пациента/В сборнике: Перспективные информационные технологии труда Международной научно-технической конференции / О.В. Баулина. - Самара: Самарский научный центр РАН, 2016. - С. 551-553.

13. Рыбак В.А., Шокар А. Аналитический обзор и сравнение существующих технологий поддержки принятия решений. «Системный анализ и прикладная информатика». 2016;(3): С. 12-18.

**Костенкова Мария Юрьевна**

Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза  
Соискатель  
440039, Российская Федерация, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11,  
Тел. +7-960-320-34-86  
e-mail: marikost83@mail.ru

**Сидорова Маргарита Александровна**

Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза  
Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Биомедицинская инженерия»  
440039, Российская Федерация, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11,  
Тел. +7-962-472-93-92  
e-mail: sidorova\_mailbox@mail.ru

---

M.Yu. KOSTENKOVA, M.A. SIDOROVA

**AUTOMATED PATIENT CONTROL USING COGNITIVE GRAPHICS METHODS IN THE ICU**

**Abstract.** *The article raises the problem of increasing the efficiency of decision-making by a critical care physician (CCM) to provide resuscitation care to a patient, as well as the problem of graphical presentation of information about the patients condition, using the example of his biochemical blood test. For a visual representation of the blood parameters of a patient in the intensive care unit (ICU), cognitive graphics methods adapted to display multidimensional medical data have been selected. Based on the analysis of the material of the graphical representation of medical data, as well as the analysis of the intervals of the norm and pathology of the biochemical blood test, the authors of the article proposed a variant of a specialized program with a "friendly interface". A significant advantage of such a software product is the high-quality and timely receipt of the necessary information about the condition of patients. And in the future - when making a decision by a doctor to stabilize the patient.*

**Keywords:** *resuscitation, monitoring, cognitive graphics, decision support system, critical care medicine, biochemical blood test, intervals of normal and pathological parameters of blood.*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Automation in medicine. How access control systems improve the quality of patient care [Electronic resource]. – Access mode: <https://zdrav.expert/index.php/> Article: Automation\_in\_medicine. How\_access\_management\_systems\_improve\_quality\_of\_patient\_care.html
2. Protocol for the management of patients in the department of anesthesiology and resuscitation and registration of medical documentation [Electronic resource]. – Access mode: [https://admtyumen.ru/files/upload/OIV/D\\_zdr/Documents/Management%20%20and%20%20documentation.pdf](https://admtyumen.ru/files/upload/OIV/D_zdr/Documents/Management%20%20and%20%20documentation.pdf).
3. D.S. Sachilovich, O.A. Shumak, Zh.N. Pugacheva, E.P. Lukyanenko, T.P. Klyapets Interpretation of blood parameters on an automatic hematological analyzer. A practical guide for doctors - Gomel, State Institution "RSPC RMiEC", 2018, С - 27.
4. Higgins K. Decoding of clinical laboratory tests [Electronic resource] / K. Higgins; per. from English; ed. prof. V. L. Emanuel. - 7th ed. (el.). – Electron. text data. (1 pdf file: 592 pages). - M.: Laboratory of Knowledge, 2016. 5. [https://ru.wikipedia.org/wiki/non-deterministic\\_Turing\\_machine](https://ru.wikipedia.org/wiki/non-deterministic_Turing_machine)
6. V. N. Bragilevsky. Lectures on the theory of algorithms, 2019 - P. 113.
7. Kulikov D. E. Means, solutions and approaches to data visualization in medical information systems / Program systems: theory and applications / V.A. Fisherman. - Pereslavl-Zalessky, 2009 - S. 241-257.
8. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Heat\\_Map](https://ru.wikipedia.org/wiki/Heat_Map)
9. Marukhina O. V., Berestneva O. G., Mokina E. E. Visualization and analysis of multidimensional experimental data / Information and Mathematical Technologies in Science and Management / O.V. Marukhina, O.G. Berestneva. - Irkutsk, 2016 - No. 4-2, p. 90-95
10. Emelyanova Yu.G., Fralenko V.P. Methods of cognitive-graphic representation of information for effective monitoring of complex technical systems / Program systems: theory and applications / Yu.G. Emelyanova, V.P. Fralenko. - Pereslavl-Zalessky, v. 9, No. 4 (39), p. 117–158
11. Sidorova, M.A., Strokov P.K. Application of information technologies for express diagnostics of critical conditions of patients / XXI century: results of the past and problems of the present plus. - Penza: PenzGTU, 2013. - No. 10 (14). - S. 144-151.
12. Baulina O.V. Automation of the process of accounting for the main indicators of the critical condition of the patient / In the collection: Promising information technologies, proceedings of the International Scientific and Technical Conference / O.V. Baulina. - Samara: Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2016. - S. 551-553.
13. Rybak V.A., Shokr A. Analytical review and comparison of existing decision support technologies. "System Analysis and Applied Informatics". 2016;(3): pp. 12-18.

**Kostenkova Maria Yurievna**  
Penza State Technological University, Penza  
Applicant  
440039, Russian Federation, Penza, Baidukova proezd /  
st. Gagarina, 1a / 11,  
Ph.: +7-960-320-34-86  
e-mail: marikost83@mail.ru

**Sidorova Margarita Aleksandrovna**  
Penza State Technological University, Penza  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department «Biomedical  
Engineering»,  
440039, Russian Federation, Penza, Baidukova proezd /  
st. Gagarina, 1a / 11,  
Ph.: +7-962-472-93-92  
e-mail: sidorova\_mailbox@mail.ru

© М.Ю. Костенкова, М.А. Сидорова, 2022

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

УДК 621.311.1

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-130-137

А.Н. КАЧАНОВ, В.В. КАМЕНСКИЙ, Н.А. КАЧАНОВ

### **МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ В САНИТАРНО-ОХРАННОЙ ЗОНЕ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

**Аннотация.** В статье рассмотрена предлагаемая авторами методика для контроля и оценки электромагнитной обстановки в санитарно-охранной зоне воздушных линий электропередачи базирующаяся на программном продукте ELCUT. Методика позволяет рассчитать основные параметры электромагнитного поля, возникающего вокруг воздушной линии электропередачи для различных режимов её работы с учетом уровня напряжений, электрофизических свойств её элементов и окружающей среды, как на стадии проектирования, так и в процессе эксплуатации.

**Ключевые слова:** методика, напряженность электрического и магнитного полей, электрофизические свойства материалов, окружающая среда, электромагнитная обстановка, санитарно-охранная зона, воздушная линия электропередачи, виды влияния, емкостное, индуктивное и кондуктивное.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Дьяков, А.Ф. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике / А.Ф. Дьяков, Б.К. Максимов, Р.К. Борисов // под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 234 с.
2. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон №52-ФЗ от 30 марта 1999 г.: [Федер. закон: принят Гос. Думой 12 марта 1999 г.: по состоянию на 22 мая 2022 г.] // Президент России (официальный сайт) [Электронный ресурс] – Режим доступа – <http://www.kremlin.ru/acts/bank/13636>. – Дата обращения: 22.05.2022.
3. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.2.4.3359 – 16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. // Постановление главного государственного врача Российской Федерации от 21 июня 2016 г. №81.
4. О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон: постановление Правительства РФ от 24 февраля 2009 г. N 160 // Собрание законодательства Российской Федерации от 2009 г., N 10, ст. 1220
5. СанПиН 2.1.2.2645-10 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 27 с.
6. Качанов, А.Н. Оценка электромагнитной обстановки в зоне эксплуатации воздушных линий электропередач/ А.Н. Качанов, В.В. Каменский // Материалы XIX международной научно-практической конференции (10 – 12 ноября 2021 г., г. Орёл) / под редакцией д-ра техн. наук, проф. А.Н. Качанова, д-ра техн. наук, проф. Ю.С. Степанова. – Орёл: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2021. – С. 43-48
7. Качанов, А.Н. Оценка электромагнитной обстановки на энергетических и промышленных объектах в программной среде ELCUT/А.Н. Качанов, В.В. Каменский // Материалы докладов II международной научно-практической on-line конференции «Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты» - Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С.8-13.

**Качанов Александр Николаевич**  
ФГБОУ ВО «ОГУ им.  
И.С. Тургенева»  
Академик АЭН РФ, доктор  
технических наук,  
профессор, заведующий  
кафедрой электрооборудования  
и энергосбережения  
302020, г. Орел, Наугорское  
шоссе, 29  
тел.: +7 (4862) 41 98 53;  
E-mail: kan@ostu.ru

**Каменский Вадим Владимирович**  
ООО НТЦ «Модуль»  
Магистр, инженер регулировщик  
радиоаппаратуры и приборов  
302025, г. Орёл, ул. Московское  
шоссе, д.137  
тел.: +7 (4862) 33-12-10  
E-mail:  
kamensky.vadim@yandex.ru

**Качанов Николай Александрович**  
АО «Орелоблэнерго», г. Орел  
Заместитель начальника службы  
АТиРЗ  
302030, г. Орел, Пл. Поликарпова, 8  
e-mail: nk3575@mail.ru

---

A.N. KACHANOV, V.V. KAMENSKY, N.A. KACHANOV

## METHOD OF MONITORING THE ELECTROMAGNETIC SITUATION IN THE SANITARY PROTECTION ZONE OF THE OVERHEAD POWER LINE

**Abstract.** *The article considers the methodology proposed by the authors for monitoring and assessing the electromagnetic situation in the sanitary protection zone of overhead power lines based on the ELCUT software product. The technique allows calculating the main parameters of the electromagnetic field that arises around an overhead power line for various modes of its operation, taking into account the voltage level, the electrophysical properties of its elements and the environment, both at the design stage and during operation.*

**Keywords:** *methodology, electric and magnetic fields, electrophysical properties of materials, environment, electromagnetic environment, sanitary protection zone, overhead power line, types of influence, capacitive, inductive and conductive.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Dyakov, A.F. Electromagnetic compatibility in the power industry and electrical engineering / A.F. Dyakov, B.K. Maksimov, R.K. Borisov // ed. A.F. Dyakova. – M.: Energoatomizdat, 2003. – 234 p.
2. On the sanitary and epidemiological well-being of the population: Federal Law No. 52-FZ of March 30, 1999: [Feder. law: adopted by the State. Duma on March 12, 1999: as of May 22, 2022] // President of Russia (official website) [Electronic resource] - Access mode - <http://www.kremlin.ru/acts/bank/13636>. – Date of access: 05/22/2022.
3. Sanitary and epidemiological rules and regulations: SanPiN 2.2.4.3359 - 16. Sanitary and epidemiological requirements for physical factors in the workplace. // Decree of the chief state doctor of the Russian Federation dated June 21, 2016 No. 81.
4. On the procedure for establishing security zones for electric grid facilities and special conditions for the use of land plots located within the boundaries of such zones: Decree of the Government of the Russian Federation of February 24, 2009 N 160 // Collection of Legislation of the Russian Federation of 2009, N 10, art. 1220
5. SanPiN 2.1.2.2645-10 Sanitary and epidemiological requirements for living conditions in residential buildings and premises: Sanitary and epidemiological rules and regulations. - M.: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2010. - 27 p.
6. Kachanov, A.N. Evaluation of the electromagnetic situation in the era of operation of overhead power lines / A.N. Kachanov, V.V. Kamensky // Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference (November 10 - 12, 2021, Orel) / edited by Dr. tech. sciences, prof. A.N. Kachanov, Dr. tech. sciences, prof. Yu.S. Stepanova. - Eagle: OSU im. I.S. Turgenev, 2021. - S. 43-48.
7. Kachanov, A.N. Evaluation of the electromagnetic environment at energy and industrial facilities in the ELCUT software environment / A.N. Kachanov, V.V. Kamensky // Proceedings of the II International Scientific and Practical On-line Conference "Electric Networks: Reliability, Safety, Energy Saving and Economic Aspects" - Kazan: Kazan State Energy University, 2022. - P.8-13.

**Kachanov Alexander Nikolaevich**  
FGBOU VO "OSU named after I.S.  
Turgenev"  
Academician of the AEN of the  
Russian Federation,  
Doctor of Technical Sciences,  
Professor, Head of the  
Department of Electrical Equipment  
and Energy Conservation

**Kamensky Vadim Vladimirovich**  
LLC STC "Module"  
Master, engineer adjuster of radio  
equipment and devices  
302025, Orel, st. Moscow highway,  
137  
tel.: +7 (4862) 33-12-10  
E-mail: kamensky.vadim@yandex.ru

**Kachanov Nikolai Alexandrovich**  
Oreloblenergo JSC, Orel  
Deputy Head of ATiRZ Service  
302030, Orel, Sq. Polikarpova, 8  
E-mail: nk3575@mail.ru

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ**  
**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**  
**«ДИНАМИКА, НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ**  
**МЕХАНИЧЕСКИХ И БИОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»**

УДК 629.365

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-138-142

З.А. ГОДЖАЕВ, И.С. МАЛАХОВ

**ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНЫХ ХОДОВЫХ СИСТЕМ  
ПОДРЕССОРИВАНИЯ МЭС ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВИБРОАКТИВНОСТИ  
ОТ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

*Аннотация.* В статье рассматривается применение нейронной сети в системе поддрессоривания мобильного энергосредства сельскохозяйственного назначения с целью снижения динамической нагруженности.

**Ключевые слова:** мобильное энергосредство, вибронгруженность, система поддрессоривания, нейронная сеть, долговечность.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Магнитореологический демпфер с поршневой магнитной системой // Ю.Б. Казаков, Н.А. Морозов, С.А. Нестеров / ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» УДК 621.321
2. Розенцвейг, Р. Феррогидродинамика. – М.: Мир, 1989. – 356 с.
3. Магнитореологические жидкости: технологии создания и применение: монография / Е.С. Беляев [и др.]; под ред. А.С. Плехова. – Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2017. – 94 с.
4. Y. Shen, Vehicle suspension vibration control with magnetorheological dampers, Ph.D. Thesis, University of Waterloo (2005)
5. Sliding mode control for unmatched uncertain systems with totally invariant property and exponential stability Yao-Wen Tsai, Kai-Hsin Mai & Kuo-Kai Shyu 179 -183 pp. 2006
6. Going Deeper in Spiking Neural Networks: VGG and Residual Architectures // Abhronil Sengupta, Yuting Ye, Robert Wang, Chiao Liu and Kaushik Roy / Access: arXiv:1802.02627[cs.CV] <https://doi.org/10.48550/arXiv.1802.02627>
7. Data-Driven Science and Engineering. // Steven L. Brunton, J. Nathan Kutz, Cambridge University Press, 574pp. 2019

**Годжаев Захид Адыгезалович**  
ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва  
Доктор технических наук, главный научный сотрудник  
ФНАЦ ВИМ  
Отдел мобильных энергетических средств  
109428, г. Москва, 1-й Институтский пр-д, д.5  
Тел. (985) 928–24–08  
E-mail: fic51@mail.ru

**Малахов Иван Сергеевич**  
ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва  
Аспирант, инженер ФНАЦ ВИМ НОЦ  
Отдел мобильных энергетических средств  
109428, г. Москва, 1-й Институтский пр-д, д.5  
Тел. (916) 223–79–76  
E-mail: malahovivan2008@gmail.com

Z.A. GODZHAEV, I.S. MALAKHOV

**APPLICATION OF ADAPTIVE MEV UNDERCARRIAGE SYSTEMS  
TO REDUCE VIBRATION ACTIVITY FROM THE BEARING SURFACE**

**Abstract.** *This article discusses the application of a neural network in the sprung system of a mobile agricultural power vehicle in order to reduce the dynamic load.*

**Keywords:** *mobile electric vehicle, vibration loading, sprung system, neural network, durability.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Magnetorheological damper with piston magnetic system // Yu.B. Kazakov, N.A. Morozov, S.A. Nesterov / Ivanovo State Power University named after V.I. Lenin / UDC 621.321
2. Rosenzweig, R. Ferrohydrodynamics. - Moscow: Mir, 1989. - 356 с.
3. Magnetorheological fluids: Technology of creation and application: monograph / E.S. Belyaev [et al]; ed. by A.S. Plekhov. - Nizhniy Novgorod State Technical University. R.E. Alekseev, 2017. - 94 с.
4. Y. Shen, Vehicle suspension vibration control with magnetorheological dampers, Ph.D. Thesis, University of Waterloo (2005)
5. Sliding mode control for unmatched uncertain systems with totally invariant property and exponential stability Yao-Wen Tsai, Kai-Hsin Mai & Kuo-Kai Shyu 179 -183 pp. 2006
6. Going Deeper in Spiking Neural Networks: VGG and Residual Architectures // Abhronil Sengupta, Yuting Ye, Robert Wang, Chiao Liu and Kaushik Roy / Access: arXiv:1802.02627[cs.CV] <https://doi.org/10.48550/arXiv.1802.02627>.
7. Data-Driven Science and Engineering. // Steven L. Brunton, J. Nathan Kutz, Cambridge University Press, 574pp. 2019

**Godzhaev Zakhid Adygezal ogly**

FSBSI FSAC VIM, Moscow

Doctor of Technical Sciences, Chief scientist of FSAC VIM  
Department of power mobile vehicles

109428, Moscow, 1st Institutsky. 5

Ph.: (985) 928-24-08

E-mail: fic51@mail.ru

**Malakhov Ivan Sergeevich**

FSBSI FSAC VIM, Moscow

Post – graduate student, engineer of  
FSAC VIM

Department of power mobile vehicles

109428, Moscow, 1st Institutsky. 5

Ph.: (916) 223-79-76

E-mail: malahovivan2008@mail.com

© З.А. Годжаев, И.С. Малахов, 2022

УДК 621.565.952.74

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-143-148

Р.Д. ТИЙГИСТЕ, А.Р. АБЛАЕВ

## АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА СУДАХ КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

**Аннотация.** *В статье рассматривается роль кожухотрубчатых теплообменных аппаратов в судовых системах обеспечения главной энергетической установки. Описаны особенности применения кожухотрубчатых теплообменных аппаратов на кораблях и на специализированных военных судах. Рассмотрены достоинства и недостатки кожухотрубчатых аппаратов и судовое применение самых распространённых их типов: масло-, водо- и воздухоохладителей. Подробно рассмотрено устройство системы центрального охлаждения пресной водой на судах, а также её разделение на высокотемпературный контур и низкотемпературный контур, с указанием их назначения. И дан общий принцип устройства масляной системы главного двигателя и особенностей температурного регулирования. Приведена судовая масляная система паротурбинной установки с её описанием. И расписаны три способа регулирования температур охлаждаемой или подогреваемой жидкости в системах с кожухотрубчатыми теплообменными аппаратами при меняющихся режимах эксплуатации судовой энергетической установки при движении судна из порта в порт.*

**Ключевые слова:** *кожухотрубчатые теплообменные аппараты, судовые подогреватели и охладители, маслоохладители, охладители пресной воды, воздухоохладители, системы центрального охлаждения пресной водой, масляные системы главного двигателя, высокотемпературный контур, низкотемпературный контур, способы регулирования температур.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL: [https://www.korabel.ru/news/comments/kmz\\_izgotovil\\_sudovye\\_teploobmenniki\\_dlya\\_korabley\\_chernomorskogo\\_flota.html](https://www.korabel.ru/news/comments/kmz_izgotovil_sudovye_teploobmenniki_dlya_korabley_chernomorskogo_flota.html) (дата обращения: 19.07.2022)

2. URL: [https://bigenc.ru/technology\\_and\\_technique/text/3921087](https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/3921087) (дата обращения: 20.07.2022)
3. URL: <https://science.howstuffworks.com/aircraft-carrier5.htm> (дата обращения: 20.07.2022)
4. Геворгян, Н.Г. Судовые теплообменные аппараты / Н.Г. Геворгян, К.Н. Михайлова, М.Д. Потёмкина. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2017. – № 48 (182). – С. 24-26. – URL: <https://moluch.ru/archive/182/46787/> (дата обращения: 16.07.2022).
5. ГОСТ 31842-2012 «Нефтяная и газовая промышленность. Теплообменники кожухотрубчатые. Технические требования» – 2014
6. Копачинский П. А., Тараскин В. П., Судовые охладители и подогреватели жидкостей – Ленинград: Судостроение, 1968. – 244с.
7. Корнилов Э.В., Бойко П.В., Голохвастов Э.И., Вспомогательные механизмы и судовые системы – Одесса: Экспресс-Реклама, 2009. – 297 с.
8. Аронсон К.Э., Блинков С.Н., Брезгин В.И., Брезгин Д.В., Бродов Ю.М., Желонкин Н.В., Купцов В.К., Ларионов И.Д., Ниренштейн М.А., Панова Т.В., Плотников П.Н., Рябчиков А.Ю., Хаёт С.И. Теплообменники энергетических установок, учебное электронное издание – Екатеринбург, УрФУ, 2015 - 733 Мб.
9. Аблаев А.Р. Совершенствование методов расчета теплообменных аппаратов систем обеспечения теплового режима судовых энергоустановок при их проектировании. Диссертация – Севастополь, 2010 – 199с.
10. Sergio García, Alfredo Trueba, Fouling in Heat Exchangers, 2020 – 202 p. DOI: 10.5772/intechopen.88079

#### Тийгисте Ростислав Денисович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь  
 Аспирант кафедры «Энергоустановки морских судов и сооружений»  
 353983, г. Новороссийск, ст-ца Раевская, ул. Новороссийская 42  
 Тел. (9788) 68-74-84  
 E-mail: rf.rua@yandex.ru

#### Аблаев Алим Рустемович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь  
 Кандидат технических наук, доцент кафедры «Энергоустановки морских судов и сооружений»  
 -  
 Тел. (9788) 10-05-64  
 E-mail: alim\_ablaev@mail.ru

R.D. TIIGISTE, A.R. ABLAEV

## ANALYSIS OF VESSELS SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGERS USING

**Abstract.** *The article discusses the role of shell-and-tube heat exchangers in vessel supply systems for the main power plant. The features of shell-and-tube heat exchangers using on ships and on specialized military vessels are described. The advantages and disadvantages of shell-and-tube devices and vessel application of their most common types: oil, water and air coolers are considered. The device of the central cooling system with fresh water on ships is considered in detail, as well as its division into a high-temperature circuit and a low-temperature circuit, indicating their purpose. And the general principle of the arrangement of the oil system of the main engine and the features of temperature regulation are given. The ship oil system of a steam turbine plant with its description is given. And three ways of regulating the temperatures of the cooled or heated liquid in systems with shell-and-tube heat exchangers are described under changing operating modes of the vessels power plant when the vessel moves from port to port.*

**Keywords:** *shell and tube heat exchangers, marine heaters and coolers, oil coolers, fresh water coolers, air coolers, fresh water central cooling systems, main engine oil systems, high-temperature circuit, low-temperature circuit, temperature control methods.*

### BIBLIOGRAPHY

1. URL: [https://www.korabel.ru/news/comments/kmz\\_izgotovil\\_sudovye\\_teploobmenniki\\_dlya\\_korabley\\_chernomorskogo\\_flota.html](https://www.korabel.ru/news/comments/kmz_izgotovil_sudovye_teploobmenniki_dlya_korabley_chernomorskogo_flota.html) (date of the application: 19.07.2022)
2. URL: [https://bigenc.ru/technology\\_and\\_technique/text/3921087](https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/3921087) (date of the application: 20.07.2022)
3. URL: <https://science.howstuffworks.com/aircraft-carrier5.htm> (date of the application: 20.07.2022)
4. Gevorgyan, N.G. Ship heat exchangers / N.G. Gevorgyan, K.N. Mikhailova, M.D. Potemkina. – Text: direct // Young scientist. – 2017. – No. 48 (182). – S. 24-26. – URL: <https://moluch.ru/archive/182/46787/> (date of the application: 16.07.2022).
5. GOST 31842-2012 «Petroleum and natural gas industries. Shell-and-tube heat exchangers. Technical requirements» – 2014
6. Kopachinsky P. A., Taraskin V. P., Marine coolers and liquid heaters – Leningrad: Sudostroenie, 1968. – 244с.
7. Kornilov E.V., Boyko P.V., Golokhvastov E.I., Auxiliary mechanisms and ship systems – Odessa: Express-Reklama, 2009. – 297 с.
8. Aronson K.E., Blinkov S.N., Brezgin V.I., Brezgin D.V., Brodov Yu.M., Zhelonkin N.V., Kuptsov V.K., Larionov I.D., Nirenshtein M.A., Panova T.V., Plotnikov P.N., Ryabchikov A.Yu., Khaet S.I. Heat exchangers of power plants, educational electronic edition – Yekaterinburg, UrFU, 2015 – 733 Mb.
9. Ablaev A.R. Improvement of methods for calculating heat exchangers of systems for ensuring the thermal regime of vessel power plants during their design. Dissertation – Sevastopol, 2010 – 199с.
10. Sergio García, Alfredo Trueba, Fouling in Heat Exchangers, 2020 – 202 p. DOI: 10.5772/intechopen.88079



**Tiigiste Rostislav Denisovich**

FSAEI of higher education «Sevastopol State University»,  
Sevastopol  
Post-graduate student of the «Department of Power Plants  
of Sea Vessels and Structures»  
Ph. (9788) 68-74-84  
E-mail: rf.rua@yandex.ru

**Ablaev Alim Rustemovich**

FSAEI of higher education «Sevastopol State  
University», Sevastopol  
PhD, Associate Professor of the «Department of Power  
Installations of Marine Vessels and Structures»  
Ph. (9788) 10-05-64  
E-mail: alim\_ablaev@mail.ru

© Р.Д. Тийгисте, А.Р. Аблаев, 2022

УДК 621.787.4

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-149-156

В.А. ГОЛЕНКОВ, С.Ю. РАДЧЕНКО, Д.О. ДОРОХОВ

**ВЛИЯНИЕ ИСТОРИИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РЕЖИМОВ  
ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
НИКЕЛЕВЫХ ЛЕНТ ТОЛЩИНОЙ 0,05 ММ**

*Аннотация.* Рассмотрена технология изготовления ленты никелевой толщиной 0,05мм в мягком состоянии, проанализированы дефекты и проведен ряд экспериментальных работ для оценки влияния истории деформирования и режимов термической обработки на качество готового продукта.

**Ключевые слова:** обработка металлов давлением, комплексное локальное нагружение, никелевые ленты и фольги, отжиг, прокатка с натяжением и противонапряжением, испытание на выдавливание листов и лент, метод Эриксона.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Теория и технология валковой штамповки: моногр. / В. А. Голенков, С. Ю. Радченко, Д. О. Дорохов. - М.: Оружие и технологии, 2019. - 396 с.: ил.
2. Научные основы упрочнения комплексным локальным деформированием [Текст] / В.А. Голенков, С.Ю. Радченко, Д.О. Дорохов, Г.П. Короткий. – М.: ООО «Издательство Машиностроение», Орел: Госуниверситет-УНПК, 2013. – 122 с.
3. Pilipenko, O.V., Radchenko, S.J., Golenkov, V.A., Dorohov, D.O. Gradient Strengthening Control Procedure Based on Numerical Simulation of Combined Local Loading Of Deformation Zone // International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018). Advances in Engineering Research, volume 177, p. 574–577.
4. Целиков, А.И. Теория прокатки [Текст] / А.И. Целиков [и др.] – М.: Металлургия, 1982. – 334с.
5. Горячая прокатка слитков, имеющих форму призмы с основанием в виде равнобедренной трапеции, как процесс с комплексным локальным нагружением очага деформации [Текст] / Голенков В.А., Радченко С.Ю., Д.О. Дорохов // «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии». – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, № 6(350). — 2021г. – С 54-62.
6. S.Yu. Radchenko, D.O. Dorokhov, I.M. Gryadunov, The volumetric surface hardening of hollow axisymmetric parts by roll stamping method, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, Vol. 50, Iss. 1, 2015, p 104–112. 4. I. M. Gryadunov, S. Yu. Radchenko, D. O. Dorokhov, P. G. Morrev, Deep Hardening of Inner Cylindrical Surface by Periodic Deep Rolling – Burnishing Process, Modern Applied Science; Vol. 9, No. 9; 2015, p 251–258. 23. Radchenko, S.J., Dorokhov, D.O., Gryadunov, I.M. Evolution of BrOCS 5–5 alloy microstructure and mechanical parameters under intensive plastic deformation conditions // Solid State Phenomena, 2017, 265 SSP, c. 157–165.
7. Golenkov, V.A., Radchenko, S.J., Dorokhov, D.O., Gryadunov, I.M. Microhardness distribution in the cross-section in case of strain hardening under combined local load // International Journal of Applied Engineering Research. 11(20), 2016, c. 10315–10320.
8. Pilipenko, O.V., Radchenko, S.Y., Dorohov, D.O., Gryadunov, I.M. Connection of odkvist parameter and values of microhardness when hardening by plastic deformation // International Journal of Applied Engineering Research, 2017, 12(13), c. 3639–3644. 30. Gryadunov, I.M., Golenkov, V.A., Pilipenko, O.V., Radchenko, S.J. Hardening treatment by plastic deformation under conditions of the integrated local loading of a deformation zone // International Journal of Applied Engineering Research, 2017, 12(21), c. 11094–11100.
9. Pilipenko, O.V., Radchenko, S.J., Golenkov, V.A., Dorohov, D.O. Numerical Mathematical Simulation of Penetration of Indenters of Different Shapes During Strengthening Machine Parts via Local Loading of Deformation Zone

// International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018). Advances in Engineering Research, volume 177, p. 568–573. 33.

10. Дорохов, Д.О. Управляемое формирование механических свойств в изделиях методом комплексного локального деформирования [Текст] / Д.О. Дорохов // Известия ОрелГТУ. Серия «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии». – Орел: ОрелГТУ, № 4(288). – Орел, ОрелГТУ – 2011г. – С 31-37.

11. Пикунов М.В., Десипри А.И. Металловедение. - М.: Металлургия, 1980. - 256с.

**Голенков Вячеслав Александрович**  
ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С.  
Тургенева», г. Орел  
Доктор технических наук,  
профессор,  
руководитель научной школы  
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29  
Тел. +7(4862)43–26–06  
E-mail: president@ostu.ru

**Радченко Сергей Юрьевич**  
ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С.  
Тургенева», г. Орел  
Доктор технических наук,  
профессор, проректор по  
научно–технологической  
деятельности и аттестации  
научных кадров  
302020, г. Орел, Наугорское  
шоссе, 29  
Тел. +7(4862)47–50–71  
E-mail: radsu@rambler.ru

**Дорохов Даниил Олегович**  
ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С.  
Тургенева», г. Орел  
Доктор технических наук,  
доцент, профессор кафедры  
машиностроения  
302020, г. Орел, Наугорское  
шоссе, 29  
Тел. +79102084402  
E-mail: ddoostu@mail.ru

---

V.A. GOLENKOV, S.Y. RADCHENKO, D.O. DOROKHOV

## INFLUENCE OF THE HISTORY OF DEFORMATION AND HEAT TREATMENT MODES ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF 0.05 MM THICK NICKEL TAPES

**Abstract.** *The technology of manufacturing a 0.05mm thick nickel strip in a soft state is considered, defects are analyzed and a number of experimental works are carried out to assess the influence of deformation history and heat treatment modes on the quality of the finished product.*

**Keywords:** *metal processing by pressure, complex local loading, nickel tapes and foils, annealing, rolling with tension and anti-tension, extrusion test of sheets and tapes, Eriksen method.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Theory and technology of roll stamping: monograph / V. A. Golenkov, S. Y. Radchenko, D. O. Dorokhov. - M.: Weapons and technologies, 2019. - 396 p.: ill.
2. Scientific foundations of hardening by complex local deformation [Text] / V.A. Golenkov, S.Y. Radchenko, D.O. Dorokhov, G.P. Korotkiy. – M.: LLC "Publishing House of Mechanical Engineering", Orel: Gosuniversitet-UNPK, 2013. – 122 p.
3. Pilipenko, O.V., Radchenko, S.J., Golenkov, V.A., Dorokhov, D.O. Gradient Strengthening Control Procedure Based on Numerical Simulation of Combined Local Loading Of Deformation Zone // International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018). Advances in Engineering Research, volume 177, p. 574–577.
4. Tselikov, A.I. Rolling Theory [Text] / A.I. Tselikov [et al.] – M.: Metallurgy, 1982. – 334s.
5. Hot rolling of ingots having the shape of a prism with a base in the form of an isosceles trapezoid as a process with complex local loading of the deformation focus [Text] / Golenkov V.A., Radchenko S.Yu., D.O. Dorokhov // "Fundamental and applied problems of engineering and technology". – The Eagle: OSU named after I.S. Turgenev, No. 6(350). -- 2021 – From 54-62.
6. S. Yu. Radchenko, D.O. Dorokhov, I.M. Gryadunov, The volumetric surface hardening of hollow axisymmetric parts by roll stamping method, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, Vol. 50, Iss. 1, 2015, p 104–112. 4. I. M. Gryadunov, S. Yu. Radchenko, D. O. Dorokhov, P. G. Morrev, Deep Hardening of Inner Cylindrical Surface by Periodic Deep Rolling – Burnishing Process, Modern Applied Science; Vol. 9, No. 9; 2015, p 251–258. 23. Radchenko, S.J., Dorokhov, D.O., Gryadunov, I.M. Evolution of BrOCS 5–5–5 alloy microstructure and mechanical parameters under intensive plastic deformation conditions // Solid State Phenomena, 2017, 265 SSP, c. 157–165.
7. Golenkov, V.A., Radchenko, S.J., Dorokhov, D.O., Gryadunov, I.M. Microhardness distribution in the cross-section in case of strain hardening under combined local load // International Journal of Applied Engineering Research. 11(20), 2016, c. 10315–10320.
8. Pilipenko, O.V., Radchenko, S.Y., Dorokhov, D.O., Gryadunov, I.M. Connection of odkvist parameter and values of microhardness when hardening by plastic deformation // International Journal of Applied Engineering Research, 2017, 12(13), c. 3639–3644. 30. Gryadunov, I.M., Golenkov, V.A., Pilipenko, O.V., Radchenko, S.J. Hardening treatment

by plastic deformation under conditions of the integrated local loading of a deformation zone // International Journal of Applied Engineering Research, 2017, 12(21), с. 11094–11100.

9. Pilipenko, O.V., Radchenko, S.J., Golenkov, V.A., Dorokhov, D.O. Numerical Mathematical Simulation of Penetration of Indenters of Different Shapes During Strengthening Machine Parts via Local Loading of Deformation Zone // International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018). Advances in Engineering Research, volume 177, p. 568–573. 33.

10. Dorokhov, D.O. Controlled formation of mechanical properties in products by the method of complex local deformation [Text] / D.O. Dorokhov // Izvestiya OrelSTU. The series "Fundamental and applied problems of engineering and technology". – Orel: OrelSTU, No. 4(288). – Orel, OrelSTU – 2011. – From 31-37.

11. Pikunov M.V., Desipri A.I. Metallovedenie. - M.: Metallurgy, 1980. - 256s.

**Golenkov Vyacheslav Aleksandrovich**

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

Ph.D., professor, head of scientific school

302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29

Ph.: +7(4862)43–26–06

E-mail: president@ostu.ru

**Radchenko Sergey Yuryevich**

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

Ph.D., professor, vice-rector for scientific and technological activities and certification of scientific personnel

302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29

Ph.: +7(4862)47–50–71

E-mail: radsu@rambler.ru

**Dorokhov Daniil Olegovich**

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

Ph.D., assistant professor, professor, department of mechanical engineering

302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29

Ph.: +79102084402

E-mail: ddostu@mail.ru

© В.А. Голенков, С.Ю. Радченко, Д.О. Дорохов, 2022

УДК 621.9.015

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-157-164

Ю.О. СТРЕЛЯНАЯ

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ НА ТЯЖЕЛЫХ ТОКАРНЫХ СТАНКАХ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ**

**Аннотация.** В настоящей статье приводятся проблемы и пути решения обеспечения стабильности параметров качества деталей на тяжелых токарных станках при чистовой обработке. Изделия, обрабатываемые на тяжелых станках уникальны, они обладают особыми свойствами, которые необходимо учитывать при механической обработке. Для устранения погрешностей системы автоматического управления модель системы приведена к форме, не требующей дифференцирования сигнала управления. Для реализации оптимального управления процессом точения синтезирована подсистема оценки вектора состояния операции типа фильтра Калмана-Бьюси и показана возможность использования стационарного фильтра. Синтезирована САУ операцией чистового точения, применение которой позволяет обеспечить стабильность показателей качества при реализации системой ЧПУ предельных граничных циклов. Разработанная система позволяет скомпенсировать отрицательное влияние внешних возмущений.

**Ключевые слова.** тяжелый станок, чистовое точение, система автоматического управления, фильтр Калмана-Бьюси, стохастический наблюдатель.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Балакшин Б.С. Адаптивное управление станками / Б.С. Балакшин. – М.: Машиностроение, 1973. – 688 с.
2. Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования: учебн. пособие для вузов / В.В. Солодовников, В.Н. Плотников, А.В. Яковлев – М.: Машиностроение, 1985. 536 с.
3. Технология автоматизированного машиностроения. Технологическая подготовка, оснастка, наладка и эксплуатация многооперационных станков с ЧПУ: учебник для вузов / А. М. Александров, Ю. М. Зубарев, А. В. Приемьшев, В. Г. Юрьев. – Санкт-Петербург: Лань, 2021 – 264 с
4. Кормилицин С.И., Солодков В.А., Полянчиков Ю.Н., Схиртладзе А.Г. Технология и программирование обработки на станках с ЧПУ Учебное пособие / С.И. Кормилицин, В.А. Солодков, Ю.Н. Полянчиков, А.Г. Схиртладзе – Волгоград: ВолгГТУ, 2007. – 112 с.
5. Брамлер К., Фильтр Калмана-Бьюси. Детерминированное наблюдение и стохастическая фильтрация / К. Брамлер, Г.Зифлинг. – М.: Мир, 1982. – 200 с.

6. Калман Р. Очерки по математической теории систем / Р. Калман, П. Фалб, М. Арбиб – М.: Мир, 1971. – 398 с.
7. Стреляная Ю.О. Разработка предельных граничных циклов управления операцией чистового точения на тяжелых станках – Вісник СевНТУ: зб. наук. праць. – Севастополь: СевНТУ, 2013.– Вип. 140. – С. 152–157
8. Стреляная Ю.О., Ярошенко А.А., Построение динамического звена моделирующего динамику отклонений формы заготовки при чистовом точении на тяжелых токарных станках / Ю.О. Стреляная, А.А. Ярошенко – Вісник СевНТУ: зб. наук. праць. – Севастополь: СевНТУ, 2014.– Вип.150. – С. 153–160.
9. Strelyanaya Yu.O. Development Of A Mathematical Model Of The Turning Operation Of Characteristic Behavior Of The Dynamic System In Deviations From The Nominal Mode / Yu.O. Strelyanaya – Journal of Advanced Research in Technical Science, Seattle, USA: SRC MS, AmazonKDP. –2019, ISSN 2474-5901, Issue 17, Volume 1, С 27-34
10. Стреляная Ю.О., П.А. Новиков, С.М. Братан / Повышение эффективности процесса чистового точения на тяжелых станках – Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – Симферополь: НИЦ КИПУ 2013. – Вып. 38. – С. 61–63.

**Стреляная Юлия Олеговна**

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Цифровое проектирование»

299053, г. Севастополь, ул. Университетская, д.33

E-mail: joulia.bayrakova@mail.ru

YU.O. STRELYANAYA

## ENSURING THE STABILITY OF THE QUALITY PARAMETERS OF PARTS ON HEAVY LATHING MACHINES THROUGH THE APPLICATION OF THE DYNAMIC STABILIZATION SYSTEM

**Abstract.** *This article presents the problems and solutions to ensure the stability of the quality parameters of parts on heavy lathes during finishing. Products machined on heavy machines are unique, they have special properties that must be taken into account when machining. To eliminate the errors of the automatic control system, the system model is reduced to a form that does not require differentiation of the control signal. To implement the optimal control of the turning process, a subsystem for estimating the state vector of an operation of the Kalman-Bucy filter type is synthesized and the possibility of using a stationary filter is shown. The ACS was synthesized by the operation of finishing turning, the use of which makes it possible to ensure the stability of quality indicators when the CNC system implements limiting boundary cycles. The developed system makes it possible to compensate for the negative impact of external disturbances.*

**Keywords.** *heavy machine tool, fine turning, automatic control system, Kalman-Bucy filter, stochastic observer.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Balakshin B.S. Adaptive machine control / B.S. Balakshin.– М.: Mechanical engineering, 1973. – 688 p.
2. Solodovnikov V.V., Plotnikov V.N., Yakovlev A.V. Fundamentals of the theory and elements of automatic control systems: textbook for universities / V.V. Solodovnikov, V.N. Plotnikov, A.V. Yakovlev – М.: Mechanical engineering, 1985. 536 p.
3. Technology of automated engineering. Technological preparation, tooling, adjustment and operation of multi-operation CNC machines: a textbook for universities / A. M. Aleksandrov, Yu. M. Zubarev, A. V. Priyomishev, V. G. Yuriev. – St. Petersburg: Lan, 2021. – 264 p
4. Kormilicin S.I., Solodkov V.A., Polyanchikov Yu.N., Shirladze A.G. Technology and programming of CNC machining Tutorial / S.I. Kormilicin, V.A. Solodkov, Yu.N. Polyanchikov, A.G Shirladze – Volgograd: VolgSTU, 2007. – 112 p.
5. Bramler K., Kalman-Bucy filter. Deterministic observation and stochastic filtering / K. Bramler, G.Zifling. – М.: World, 1982. – 200 p.
6. Kalman R. Essays on the mathematical theory of systems / R. Kalman, P. Flab, M. Arbib – М.: World, 1971. – 398 p.
7. Strelyanaya Yu.O. Development of limit boundary cycles for controlling the operation of fine turning on heavy machines – Herald SevNTU: collection of scientific papers. – Sevastopol: SevNTU, 2013.– rel. 140. – p. 152–157
8. Strelyanaya Yu.O., Yaroshenko A.A., Construction of a dynamic link simulating the dynamics of deviations in the shape of the workpiece during fine turning on heavy lathes / Yu.O. Strelyanaya, A.A. Yaroshenko – Herald SevNTU: collection of scientific papers. – Sevastopol: SevNTU, 2014.– Rel.150. – p. 153–160.
9. Strelyanaya Yu.O. Development Of A Mathematical Model Of The Turning Operation Of Characteristic Behavior Of The Dynamic System In Deviations From The Nominal Mode / Yu.O. Strelyanaya – Journal of Advanced

10. Strelyanaya Yu.O., P.A. Novikov, S.M. Bratan / Improving the efficiency of the finishing turning process on heavy machine tools - Scientific notes of the Crimean Engineering and Pedagogical University. – Simferopol: SIC KIPU 2013. – rel. 38. – p. 61–63.

**Strelyanaya Yulia Olegovna**

FSAOU HE «Sevastopol State University», Sevastopol

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Department of "Digital Design"

299053, Sevastopol, Universitetskaya str., h.33

E-mail: joulia.bayrakova@mail.ru

© Ю.О. Стреляная, 2022

УДК 621.865.8: 517.97: 51-74

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-165-170

А.И. БОХОНСКИЙ, Н.И. ВАРМИНСКАЯ, Н.П. РЫЖКОВА

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ ФИЗИЧЕСКОГО МАЯТНИКА ВОЛНОВОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ**

**Аннотация.** Рассмотрены нелинейные колебания физического маятника волновой энергетической установки при двухкомпонентном регулярном волновом воздействии и учете полезной нагрузки. Отмечено, что малые изменения исходных данных приводят к существенному количественному и качественному изменению характера колебаний маятника.

**Ключевые слова:** колебания нелинейных систем, уравнение физического маятника, численное интегрирование уравнения, анализ нелинейных колебаний.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Андропов, А.А. Теория колебаний / А.А. Андропов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин. – М.: Физматгиз, 1950. – 916 с.
2. Бутенин, Н.В. Введение в теорию нелинейных колебаний / Н.В. Бутенин, Ю.И. Неймарк, П.А. Фуфаев. – М.: Наука, 1976. – 256 с.
3. Боголюбов, И.К. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний / И.К. Боголюбов, Ю.А. Митропольский. – Изд. 2-е. – М.: Физматгиз, 1958. – 408 с.
4. Бабаков, И.М. Теория колебаний / И.М. Бабаков. – М.: Гостехиздат, 1958. – 628 с.
5. Светлицкий, В.А. Случайные колебания механических систем / В.А. Светлицкий. – М.: Машиностроение, 1976. – 216 с.
6. Пановко, Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара / Я.Г. Пановко. – Л.: Машиностроение, 1976. – 320 с.
7. Бидерман, В.П. Прикладная теория механических колебаний / В.П. Бидерман. – М.: Высш. школа, 1972. – 414 с.
8. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти томах. Т.1. Колебания линейных систем / Под. ред. В.В. Болотина. – М.: Машиностроение, 1978. – 352 с.
9. Вибрации в технике. Справочник. В 6-ти томах. Т.2. Колебания нелинейных механических систем / Под. ред. И.И. Блехмана. – М.: Машиностроение, 1979. – 351 с.
10. Болотин, В.В. Динамическая устойчивость упругих систем / В.В. Болотин. – М.: Гостехиздат, 1956. – 600 с.
11. Светлицкий, В.А. Сборник задач по теории колебаний / В.А. Светлицкий, И.В. Стаценко. – М.: Высш. школа, 1973. – 454 с.
12. Мещерский, И.В. Задачи по теоретической механике: Учебное пособие для вузов / И.В. Мещерский. – 38-е изд. – СПб.: Лань, 2010. – 448 с.
13. Бохонский, А.И. Оптимальное управление переносным движением деформируемых объектов: теория и технические приложения / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская, М.Н. Мозолевский, – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007. – 296 с.
14. Бохонский, А.И. Вариационное и реверсионное исчисления в механике / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская. – Севастополь: СевНТУ, 2012. – 212 с.

15. Бохо́нский, А.И. Реверсионный принцип оптимальности / А.И. Бохо́нский. – М.: Вузoвский учебник: ИНФРА-М, 2016. – 174 с.
16. Бохо́нский, А.И. Конструирование оптимальных управлений перемещением упругих объектов. А.И. Бохо́нский, Н.И. Варминская. – С-Пб.: НИЦ МС, 2020. – 120 с.
17. Бохо́нский, А.И. Механика управляемого движения объектов: учебное пособие / А.И. Бохо́нский, Н.И. Варминская, Т.В. Мозолевская. – М.: ИНФРА-М, 2021. – 170 с.
18. Чебоксаров В.В. Сравнительный анализ эффективности двух схем маятниковых преобразователей энергии волн / В.В. Чебоксаров // Энергетические установки и технологии. – №1, Т.2, 2016. – С. 68 – 75.
19. Бохо́нский, А.И. Упрощённая динамическая модель волновой энергоустановки / А.И. Бохо́нский, М.М. Майстришин, В.В. Чебоксаров // Автоматизация и измерения в машино- приборостроении. – Вып. №1 (17), 2022. – С. 20 – 24.

**Бохо́нский Александр Иванович**  
 ФГАОУ ВО «Севастопольский  
 государственный университет», г.  
 Севастополь  
 Профессор, доктор технических наук,  
 профессор кафедры «Цифровое  
 проектирование»  
 299053, г. Севастополь, ул.  
 Университетская, 33  
 Тел. 8 (978) 739–39–68  
 E-mail: bohon.alex@mail.ru

**Варминская Наталья Ивановна**  
 Черноморское высшее военно-  
 морское ордена Красной Звезды  
 училище имени П.С. Нахимова, г.  
 Севастополь  
 Доцент, кандидат технических  
 наук, зав. кафедрой физики и  
 общетехнических дисциплин  
 299028, г. Севастополь, ул.  
 Дыбенко, д. 1а  
 Тел. 8 (978) 832–83–44  
 E-mail: nvarminska@gmail.com

**Рыжкова Наталья Павловна**  
 Черноморское высшее военно-морское  
 ордена Красной Звезды училище  
 имени П.С. Нахимова, г. Севастополь  
 Доцент, кандидат технических наук,  
 доцент кафедры математики и  
 начертательной геометрии  
 299028, г. Севастополь, ул. Дыбенко,  
 д. 1а  
 Тел. 8 (978) 88–98–715  
 E-mail: nataliya414@yandex.ru

A.I. BOKHONSKY, N.I. VARMINSKAYA, N.P. RYZHKOVA

## STUDY OF NONLINEAR OSCILLATIONS OF THE PHYSICAL PENDULUM OF A WAVE POWER FACILITY

**Abstract.** *Nonlinear oscillations of the physical pendulum of a wave power facility are studied with a two-component regular wave action and taking into account the payload. It is noted that small changes in the initial data lead to a significant quantitative and qualitative change in the nature of the pendulums oscillations.*

**Keywords:** *vibrations of nonlinear systems, physical pendulum equation, numerical integration of the equation, analysis of nonlinear vibrations.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Andropov, A.A. Teoriya kolebanij / A.A. Andropov, A.A. Vitt, S.E. Hajkin. – М.: Fizmatgiz, 1950. – 916 p.
2. Butenin, N.V. Vvedenie v teoriyu nelinejnyh kolebanij / N.V. Butenin, YU.I. Nejmark, P.A. Fufaev. – М.: Nauka, 1976. – 256 p.
3. Bogolyubov, I.K. Asimptoticheskie metody v teorii nelinejnyh kolebanij / I.K. Bogolyubov, YU.A. Mitropolskij. – Izd. 2-e. – М.: Fizmatgiz, 1958. – 408 p.
4. Babakov, I.M. Teoriya kolebanij / I.M. Babakov. – М.: Gostekhizdat, 1958. – 628 p.
5. Svetlickij, V.A. Sluchajnye kolebaniya mekhanicheskikh sistem / V.A. Svetlickij. – М.: Mashinostroenie, 1976. – 216 p.
6. Panovko, YA.G. Osnovy prikladnoj teorii kolebanij i udara / YA.G. Panovko. – L.: Mashinostroenie, 1976. – 320 p.
7. Biderman, V.P. Prikladnaya teoriya mekhanicheskikh kolebanij / V.P. Biderman. – М.: Vyssh. shkola, 1972. – 414 p.
8. Vibracii v tekhnike: Spravochnik. V 6-ti tomah. T.1. Kolebaniya linejnyh sistem / Pod. red. V.V. Bolotina. – М.: Mashinostroenie, 1978. – 352 p.
9. Vibracii v tekhnike: Spravochnik. T.2. Kolebaniya nelinejnyh mekhanicheskikh sistem / Pod red. I.I. Blekhmana. – М.: Mashinostroenie, 1979. – 351 p.
10. Bolotin, V.V. Dinamicheskaya ustojchivost uprugih sistem / V.V. Bolotin. – М.: Gostekhizdat, 1956. – 600 p.
11. Svetlickij, V.A. Sbornik zadach po teorii kolebanij / V.A. Svetlickij, I.V. Stacenko. – М.: Vyssh. shkola, 1973. – 454 p.
12. Meshcherskij, I.V. Zadachi po teoreticheskoj mekhanike: Uchebnoe posobie dlya vuzov / I.V. Meshcherskij. – 38-e izd. – SPb.: Lan, 2010. – 448 p.
13. Bohonskij, A.I. Optimalnoe upravlenie perenosnym dvizheniem deformiruemyh ob'ektov: teoriya i tekhnicheskie prilozheniya/ A.I. Bohonskij, N.I. Varminskaya, M.N. Mozolevskij, – Sevastopol: Izd-vo SevNTU, 2007. – 296 p.
14. Bohonskij, A.I. Variacionnoe i reversionnoe ischisleniya v mekhanike / A.I. Bohonskij, N.I. Varminskaya.

– Sevastopol: SevNTU, 2012. – 212 p.

15. Bohonskij, A.I. Reversionnyj princip optimalnosti. – M.: Vuzovskij uchebnik: INFRA-M, 2016. – 174 p.

16. Bohonskij, A.I. Konstruirovaniye optimalnykh upravleniy peremeshcheniem uprugih ob"ektov / A.I. Bohonskij, N.I. Varminskaya. – S-Pb: NIC MS, 2020. – 120 p.

17. Bohonskij, A.I. Mekhanika upravlyаемого dvizheniya ob"ektov: uchebnoye posobie / A.I. Bohonskij, N.I. Varminskaya, T.V. Mozolevskaya. – M.: INFRA-M, 2021. – 170 p.

18. Sheboksarov V.V. Sravnitelnyj analiz effektivnosti dnuh skhem mayatnikovyyh preobrazovatelej energii voln / V.V. Sheboksarov // Energeticheskie ustanovki i tekhnologii. – №1, T.2, 2016. – P. 68 – 75.

19. Bohonskij, A.I. Uproshchyonnaya dinamicheskaya model volnoy energoustanovki / A.I. Bohonskij, M.M. Majstrishin, V.V. Sheboksarov // Avtomatizatsiya i izmereniya v mashino- priborostroenii. – Vyp. №1 (17), 2022. – P. 20 – 24.

**Bokhonsky Alexander Ivanovich**

Sevastopol State University,  
Sevastopol  
Professor, Doctor of Technical  
Sciences,  
Professor of the Department of  
«Digital Design»  
299053, Sevastopol, st.  
Universitetskaya, 33  
Tel. 8 (978) 739–39–68  
E–mail: bohon.alex@mail.ru

**Varminskaya Natalia Ivanovna**

Nakhimov Black Sea Higher Naval  
School, Sevastopol  
Associate Professor, Candidate of  
Technical Sciences, Head of Physics  
and General Technical Disciplines  
Department  
299028, Sevastopol, st. Dybenko, 1a  
Tel. 8 (978) 832–83–44  
E–mail: nvarminska@gmail.com

**Ryzhkova Natalia Pavlovna**

Nakhimov Black Sea Higher Naval  
School, Sevastopol  
Associate Professor, Candidate of  
Technical Sciences, Associate  
Professor of the Department of  
Mathematics and Descriptive  
Geometry  
299028, Sevastopol, st. Dybenko, 1a  
Tel. 8 (978) 88–98–715  
E–mail: nataliya414@yandex.ru

© А.И. Бохонский, Н.И. Варминская, Н.П. Рыжкова, 2022

УДК 621.923.1

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-171-176

А.П. ВАСЮТЕНКО, А.И. БАЛАКИН

## **ИНДУКТИВНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА К ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНОМУ СТАНКУ**

**Аннотация.** В статье рассматривается индуктивная измерительная система к двух-шпиндельному плоскошлифовальному станку, результаты исследования метрологических характеристик индуктивных преобразователей, целью которых является повышения точности измерения и обработки деталей на основе формирования, подаваемых в схему станка, управляющих команд. Рассмотрены методы обработки деталей на плоскошлифовальных станках, средства активного контроля деталей, осуществляющих компенсацию технологических погрешностей и повышение точности обработки. Приведены схема индуктивного преобразователя дроссельного типа с переменной величиной воздушного зазора между якорем и сердечником, описание принципа действия и зависимости индуктивности катушки от конструктивных параметров для преобразователей дифференциального и недифференциального типов. Проведено моделирование статических характеристик индуктивных преобразователей дифференциального и недифференциального типов при различных сочетаниях конструктивных параметров, определены диапазоны измерения и чувствительности.

**Ключевые слова:** плоское шлифование, активный контроль, управляющие команды, индуктивный преобразователь, диапазон измерения, чувствительность.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Приборы автоматического контроля и управления в машиностроении: учеб. пособие /В. П. Легаев; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. – 123 с.
2. Автоматический размерный контроль на металлорежущих станках: М. И. Этинггоф – М.: АПР, 2016. – 336 с.
3. Соболев М.П., Этинггоф М.И. Автоматический размерный контроль на металлорежущих станках. – Смоленск: Ойкумена, 2005. – 300 с.
4. Лоскутов В.В. Шлифовальные станки. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1988. - 176 с.: ил. - Библиотека станочника.
5. Контрольно-измерительные приборы и инструменты / С. А. Зайцев, А. Н. Толстов, Д. В. Меркулов. – М.: Академия, 2005. – 463с.
6. Физические основы получения информации: учеб. пособие / Е.В. Николаева, В.В. Макаров; ОмГТУ. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007. – 96 с.
7. Педь Е.И. Активный контроль в машиностроении: Справочник / Москва, Машиностроение, 1978/ – 352 с.

8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. /под ред. А.Б. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985.

9. Ахмеджанов Р.А. Физические основы получения информации: учебное пособие/ Ахмеджанов Р.А., Чередов А.И.– Электрон. текстовые данные. – М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2013. – 212 с.

10. Гольдштейн А.Е. Физические основы измерительных преобразований: учебн. пособие Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 253 с.

**Васютенко Александр Павлович**

ФГАОУ ВО Севастопольский государственный университет, г. Севастополь  
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Приборные системы и автоматизация технологических процессов  
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33  
Тел. (8692) 55–00–77

**Балакин Алексей Игоревич**

ФГАОУ ВО Севастопольский государственный университет, г. Севастополь  
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Приборные системы и автоматизация технологических процессов  
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33  
Тел. (8692) 55–00–77  
E-mail: AIBalakin@sevsu.ru

---

A.P. VASYUTENKO, A.I. BALAKIN

## INDUCTIVE MEASURING SYSTEM TO FLAT-GRINDING MACHINE

**Abstract.** *The article discusses an inductive measuring system for a two-spindle flat-grinding machine, the results of a study of the metrological characteristics of inductive converters in order to improve the accuracy of measurement and processing of parts based on the formation of control commands supplied to the machine circuit. Methods of processing parts on flat-grinding machines, means of active control of parts in order to compensate for technological errors and improve the accuracy of processing are considered. A diagram of an inductive choke-type converter with a variable air gap between the anchor and the core, a description of the principle of operation and the dependence of the inductance of the coil on the design parameters for converters of differential and non-differential types is given. Static characteristics of inductive converters of differential and nondifferential types are modeled for various combinations of design parameters, measurement ranges and sensitivity are determined.*

**Keywords:** *flat grinding, active control, control commands, inductive converter, measuring range, sensitivity.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Pribory avtomaticheskogo kontrolya i upravleniya v mashinostroyeni: ucheb. posobiye /V. P. Legayev; Vladim. gos. un-t. – Vladimir: Izd-vo Vladim. gos. un-ta, 2009. – 123 s.
2. Avtomaticheskii razmernyy kontrol na metallorezhushchikh stankakh: M. I. Etingof – М.: APR, 2016. – 336 s.
3. Sobolev M.P., Etingof M.I. Avtomaticheskii razmernyy kontrol na nemetallovezhushchikh stankakh. – Smolensk: Oykumena, 2005. – 300 s.
4. Loskutov V.V. Shlifovalnyye stanki. 2-ye izd., pererab. i dop. - М.: Mashinostroyeniye, 1988. - 176 s.: il. - Biblioteka stanochnika.
5. Kontrolno-izmeritelnyye pribory i instrumenty / S. A. Zaytsev, A. N. Tolstov, D. V. Merkulov. – М.: Akademiya, 2005. – 463s.
6. Fizicheskiye osnovy polucheniya informatsii: ucheb. posobiye / Ye.V. Nikolayeva, V.V. Makarov; OmGTU. - Omsk: Izd-vo OmGTU, 2007.- 96 s.
7. Ped Ye.I. Aktivnyy kontrol v mashinostroyeni: Spravochnik / Moskva, Mashinostroyeniye, 1978.
8. Spravochnik tekhnologa-mashinostroyitelya. V 2-kh t. /pod red. A.B. Kosilovoy i R.K. Meshcheryakova. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Mashinostroyeniye, 1985.
9. Akhmedzhanov R.A. Fizicheskiye osnovy polucheniya informatsii [Elektronnyy resurs]: uchebnoye posobiye/ Akhmedzhanov R.A., Cheredov A.I.– Elektron. tekstovyye dannyye. – М.: Uchebno-metodicheskiy tsentr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte, 2013. – 212 с.
10. Goldshteyn A.Ye. Fizicheskiye osnovy izmeritelnykh preobrazovaniy: uchebn. posobiye Tomsk: Izd-vo TPU, 2008. – 253 s.

**Vasyutenko Alexander Pavlovich**

Sevastopol State University, Sevastopol  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department Instrument  
Systems and Automation of Technological Processes  
299053, Sevastopol, st. University, 33  
Ph.: (8692)55-00-77

**Balakin Alexey Igorevich**

Sevastopol State University, Sevastopol  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department Instrument  
Systems and Automation of Technological Processes  
299053, Sevastopol, st. University, 33  
Ph.: (8692)55-00-77  
E-mail: AIBalakin@sevsu.ru



Л.С. ЕФРЕМОВА, Т.Л. ЧЕМАКИНА, А.В. КУЗЬМИНА

## СРАВНЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕГИОНА

**Аннотация.** Дана оценка ситуации промышленности в Российской Федерации, её положение в мировом судостроении, динамика стоимости и количества построенных в РФ судов. Представлены некоторые стратегии развития Арктической зоны РФ необходимость постройки новых судов и морских сооружений для их реализации. Освещена ситуация на судостроительных предприятиях Крыма в настоящее время, а также приведена сравнительная характеристика некоторых из них. Рассмотрены основные проблемы в Крымском судостроении и возможность их решения на примере Норвежского судостроения.

**Ключевые слова:** Арктика, арктическое судоходство, судостроение Крыма, анализ, критерии, судостроительный завод.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О необходимости государственной поддержки российского судостроения [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://shipbuilding.ru/rus/overviews/gov/>
2. Указ Президента РФ от 26.10.2020 N 645 "О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года" [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_366065/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_366065/)
3. Веденева, А. И немедленно выплыл [Текст] / А. Веденева// Коммерсантъ. – 2017. - №33. – С.9 – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/3227894>
4. Попов, Е. Судостроение ушло в глухую оборону [Текст] / Е. Попов// Коммерсантъ. – 2016. - №34. – С.9 – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/2927174>
5. Веденева, А. Судостроители проходят мель [Текст] / А. Веденева// Коммерсантъ. – 2018. - №40/П. – С.7 – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/3569485>
6. Логунова, Н.А. Анализ положения судостроительно-судоремонтной отрасли в Республике Крым [Текст] / Н.А. Логунова, Ю.А. Неплюева// Символ науки. – 2016. - №7. – С.48-50 – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-polozeniya-sudostroitelno-sudoremontnoy-otrasli-v-respublike-krym>
7. Лекарев, Г.В. Перспективы развития судостроения и судоремонта в Крыму и Севастополе [Текст] / Г.В. Лекарев// Актуальные вопросы проектирования, постройки и эксплуатации морских судов и сооружений: сб. статей. – Севастополь, 2017. – С.138-141 – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28978712>
8. Малько, А.В. Анализ перспектив развития судоремонтно-судостроительных предприятий в Республике Крым и г. Севастополе [Текст] / А.В. Малько// Вестник государственного университета морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова. – Санкт-Петербург, 2014. – №4(26) – С.74-78 – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21868610>

**Ефремова Любовь Сергеевна**  
старший преподаватель базовой  
кафедры «Морские технологии»  
ФГАОУ ВО «Севастопольский  
государственный университет»,  
299053, г. Севастополь,  
ул. Университетская, 33,  
e-mail: LSEfremova@sevsu.ru

**Чемакина Тамара Львовна**  
канд. техн. наук, доцент кафедры  
«Океанотехника и  
кораблестроение» ФГАОУ ВО  
«Севастопольский  
государственный университет»,  
299053, г. Севастополь,  
ул. Университетская, 33,  
e-mail: TLChemakina@sevsu.ru

**Кузьмина Анна Валентиновна**  
доцент кафедры «Океанотехника и  
кораблестроение» ФГАОУ ВО  
«Севастопольский  
государственный университет»,  
299053, г. Севастополь,  
ул. Университетская, 33,  
e-mail: a.61kuzmina@mail.ru

L.S. EFREMOVA, T.L. CHEMAKINA, A.V. KUZMINA

## COMPARISON OF PRODUCTION CAPACITIES OF SHIPBUILDING COMPANIES IN THE CRIMEA

**Abstract.** An assessment of the situation of the shipbuilding industry in the Russian Federation, its position in the world shipbuilding, the dynamics of the cost and number of ships built in the Russian Federation is given. Some

strategies for the development of the Arctic zone of the Russian Federation are presented, the need to build new ships and offshore structures for their implementation. The situation at the shipbuilding enterprises of the Crimea at the present time is highlighted, as well as a comparative characteristic of some of them. The main problems in the Crimean shipbuilding and the possibility of their solution on the example of the Norwegian shipbuilding are considered.

**Keywords:** Arctic, Arctic shipping, Crimean shipbuilding, analysis, criteria, shipyard.

## BIBLIOGRAPHY

1. On the need for state support of Russian shipbuilding [Electronic resource]. - Electron. Dan. - Access mode: <http://shipbuilding.ru/rus/overviews/gov/>
2. Decree of the President of the Russian Federation of October 26, 2020 N 645 "On the Strategy for the Development of the Arctic Zone of the Russian Federation and Ensuring National Security for the Period until 2035" [Electronic resource]. - Electron. Dan. - Access mode: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_366065/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_366065/)
3. Vedeneva, A. And immediately surfaced [Text] / A. Vedeneva // Kommersant. - 2017. - No. 33. - C.9 - Access mode: <https://www.kommersant.ru/doc/3227894>
4. Popov, E. Shipbuilding went into a blank defense [Text] / E. Popov // Kommersant. - 2016. - No. 34. - C.9 - Access mode: <https://www.kommersant.ru/doc/2927174>
5. Vedeneva, A. Shipbuilders are stranded [Text] / A. Vedeneva // Kommersant. - 2018. - No. 40 / P. - C.7 - Access mode: <https://www.kommersant.ru/doc/3569485>
6. Logunova, N.A. Analysis of the position of the shipbuilding and ship repair industry in the Republic of Crimea [Text] / N.A. Logunova, Yu.A. Neplyueva // Symbol of Science. - 2016. - No. 7. - P.48-50 - Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-polozheniya-sudostroitelno-sudoremontnoy-otrasli-v-respublike-krym>
7. Lekarev, G.V. Prospects for the development of shipbuilding and ship repair in the Crimea and Sevastopol [Text] / G.V. Lekarev // Topical issues of design, construction and operation of sea vessels and structures: collection of articles. articles. - Sevastopol, 2017. - pp. 138-141 - Access mode: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28978712>
8. Malko, A.V. Analysis of the prospects for the development of ship repair and shipbuilding enterprises in the Republic of Crimea and the city of Sevastopol [Text] / A.V. Malko // Bulletin of the State University of Marine and River Fleet named after V.I. adm. S.O. Makarov. - St. Petersburg, 2014. - No. 4 (26) - P.74-78 - Access mode: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21868610>

**Efremova Lyubov Sergeevna**  
Ph.D. in Engineering Science,  
Associate Professor of the Department  
of Ocean Technology and Shipbuilding  
Sevastopol State University, 33,  
Universitetskaya st., Sevastopol,  
299053  
e-mail: LSEfremova@sevsu.ru

**Chemakina Tamara Lvovna**  
senior lecturer of the Department of  
Marine Technology Sevastopol State  
University, 33, Universitetskaya st.,  
Sevastopol, 299053  
e-mail: LSEfremova@sevsu.ru

**Kuzmina Anna Valentinovna**  
Associate Professor of the  
Department of Ocean  
Technology and Shipbuilding  
Sevastopol State University, 33,  
Universitetskaya st., Sevastopol,  
299053  
e-mail: LSEfremova@sevsu.ru

© Л.С. Ефремова, Т.Л. Чемакина, А.В. Кузьмина, 2022

УДК 621.3

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-187-191

А.Н. КРУГОВОЙ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМАЦИИ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ ПРИ СЕРДЕЧНО-ЛЕГОЧНОЙ РЕАНИМАЦИИ

**Аннотация.** При проведении мероприятий по сердечно-легочной реанимации к грудной клетке человека прикладывают усилия заданной частоты, для создания которых применяют электрические приводы. Усилие, создаваемое приводом не должно травмировать органы пациента. Для пациентов различного телосложения усилие должно быть разным и обеспечивать заданную деформацию грудной клетки. Разработана и исследована конструкция сердечно-легочного реаниматора, в котором усилие определяется по датчику тока фазы двигателя и может поддерживаться на заданном уровне. На основании моделирования деформации грудной клетки разработаны рекомендации по выбору максимального усилия по результатам внешнего осмотра пациента.

**Ключевые слова.** Электрический двигатель, циклические усилия, сердечно-легочная реанимация, датчик тока.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сердечно-легочная реанимация. Рекомендации Европейского совета по реанимации и Американской ассоциации сердца. -<https://medprosvita.com.ua/serdechno-legochnaya-reanimaciya-rekome/>.
2. Кузнецова О.Ю., Лебединский К.М., Дубикайтис Т.А. Сердечно-легочная и расширенная реанимация. – СПб: Издательство СПбМАПО, 2005. –176 с.
3. Круговой А.Н. Переносное автоматизированное устройство для сердечно-легочной реанимации с электроприводом. Автоматизация и измерения в машино-приборостроении. Научный журнал, выпуск №4(12) 2020, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 2020 г. С. 102-107.
4. Круговой А.Н., Пашков Е.В. Автоматическое устройство для наружного массажа сердца при сердечно-легочной реанимации. Патент на полезную модель 204656 U1, 03.06.2021. Заявка № 2021101278 от 21.01.2021. [https://www.elibrary.ru/author\\_items.asp](https://www.elibrary.ru/author_items.asp)

### **Круговой Александр Николаевич**

ФГАОУ ВО Севастопольский государственный университет, г. Севастополь

Кандидат технических наук, доцент

299058 г. Севастополь, ул. Героев Бреста 25 кв.135

Тел. (+7978) 028 72 43

E-MAIL: [atpp\\_krugovoi@mail.ru](mailto:atpp_krugovoi@mail.ru)

---

A.N. KRUGOVOY

## INVESTIGATION OF THE PROCESSES OF DEFORMATION OF THE CHEST DURING CARDIOPULMONARY RESUSCITATION

**Abstract.** *When carrying out measures for cardiopulmonary resuscitation, efforts of a given frequency are applied to the human chest, for the creation of which electric drives are used. The force generated by the drive should not injure the patients organs. For patients of different physiques, the effort should be different and provide a given deformation of the chest. The design of a cardiopulmonary resuscitator has been developed and investigated, in which the force is determined by the motor phase current sensor and can be maintained at a given level. Based on the modeling of chest deformity, recommendations have been developed for choosing the maximum effort based on the results of an external examination of the patient.*

**Keywords:** *Electric motor, cyclic efforts, cardiopulmonary resuscitation, current sensor.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Serdechno-legochnaya reanimaciya. Rekomendacii Evropejskogo soveta po reanimaciii Amerikanskoj asociaciiiserdca.- <https://medprosvita.com.ua/serdechno-legochnaya-reanimaciya-rekome/>.
2. KuznecovaO.YU.,Lebedinskij K.M., Dubikajtis T.A. Serdechno-legochnaya i rasshirennaya reanimaciya. – SPb: IzdatelstvoSPbMAPO, 2005. – 176 s.
3. Krugovoy A.N. Perenosnoe avtomatizirovannoe ustroistvo dlay serdechno-legochnoi reanimaytzii s elektropvivodom. Avtomatizatziay i izmereniay v mashino-priborostroenii. Nauchnijy tsgurnal, vipusk №4(12) 2020, Sevastopol FGAOU VO «Sevastopolskiy gosudarstvennyi universitet», 2020 г., S.102-107. ISSN 2658-4727.
4. Krugovoy A.N., Pashkov E.V. Avtomaticheskoe ustroistvo dlay naruzhnogo massazha serdtza pri serdechno-legochnoi reanimaytzii. Patent na poleznuoy model 204656 U1, 03.06.2021. Zaayvka № 2021101278 от 21.01.2021. [https://www.elibrary.ru/author\\_items.asp](https://www.elibrary.ru/author_items.asp)

### **Krugovoy Alexander Nikolaevich**

Sevastopol State University, Sevastopol,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

299058 Sevastopol, Heroes of Brest str. 25 sq.135

Ph. (+7978) 028 72 43

E-mail: [atpp\\_krugovoi@mail.ru](mailto:atpp_krugovoi@mail.ru)

А.В. НЕМЕНКО, М.М. НИКИТИН

## ДЛИТЕЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ БЕЗОТКАЗНОЙ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

**Аннотация.** Предложена методика оценки безотказности процесса финишной обработки заданной криволинейной поверхности. Предложен количественный критерий, позволяющий оценить качество ведущейся обработки с учетом соответствия фактической и расчетной поверхностей с учетом таких факторов как разная сложность обработки центра и краев, средняя скорость инструмента в каждой точке и локально создаваемое усилие между инструментом и деталью.

**Ключевые слова:** Финишная обработка, обратная связь, режим обработки, качество поверхности, контроль геометрии.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Schaub M. Molded Optics – Design and Manufacture. CRC Press? 2011 – 272p.
2. Gupta, K., Jain, N. K., & Laubscher, R. F. (2016). Hybrid machining processes: perspectives on machining and finishing (p. 68). Switzerland: Springer International Publishing.
3. Заказнов Н.П. Изготовление асферической оптики/Н.П. Заказнов, В.В. Горелик. М.: Машиностроение, 1978 – 248 с.
4. Hashmi, A. W., Mali, H. S., Meena, A., Saxena, K. K., Puerta, A. P. V., Prakash, C. & Abdul-Zahra, D. S. (2022). Understanding the mechanism of abrasive-based finishing processes using mathematical modeling and numerical simulation. Metals,12(8), 1328.
5. Dong, Z., Ya, G., & Liu, J. (2017). Study on machining mechanism of high viscoelastic abrasive flow machining for surface finishing. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture,#231(4), 608-617.
6. Davis, R. A., Holan, S. H., Lund, R., & Ravishanker, N. (Eds.). (2016). Handbook of discrete-valued time series. CRC Press – 484p.
7. Бокс Дж. Анализ временных рядов, прогноз и управление (часть 1) / Дж. Бокс, Г. Дженкинс// М.: Наука, 1974. – 405 с.
8. Pollock D.S.G. A Handbook of Time-series Analysis, Signal Processing and Dynamics. Academic Press, 1999. - 848 p.
9. Лаврентьев М.А. Методы теории функций комплексного переменного/М.А. Лаврентьев, Б.В. Шабат – М.: Наука, 1987. – 688 с.
10. Неменко А.В. Дальний прогноз показателей надежности производственной системы/А.В. Неменко, М.М. Никитин// Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, 2022, №4(354),с.58 - 64.
11. Nikitin M.M. Asymptotic expansion of a function defined by power series/ M.M. Nikitin// arXiv.math/1006.0178
12. Неменко А.В. Прикладные вопросы оценки технического состояния судовых механических систем/А.В. неменко, М.М. Никитин – М.: Инфра-М, 2021 – 174с.

**Неменко Александра Васильевна**  
ФГАОУ «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь  
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Цифровое проектирование»  
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33  
Тел. +79788330519  
E-mail: valesan@list.ru

**Никитин Михаил Михайлович**  
ФГАОУ «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь  
Старший преподаватель кафедры «Высшая математика»  
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33  
Тел. +79788150316  
E-mail: m.nikitin.1979@gmail.com

A.V. NEMENKO, M.M. NIKITIN

## LONG-TERM PREDICTION OF A FAIL-FREE FINISHING OF A PART

**Abstract.** A technique for assessing the reliability of the process of finishing a given curved surface is proposed. A quantitative criterion has been proposed to evaluate the quality of the ongoing processing, taking into account the correspondence between the actual and calculated surfaces, taking into account such factors as the different complexity

*of processing the center and edges, the average speed of the tool at each point, and the locally generated force between the tool and the part.*

**Keywords:** *Drilling, twist drills, rough drilling, normal stresses, shear stresses.*

## **BIBLIOGRAPHY**

1. Schaub M. Molded Optics – Design and Manufacture. CRC Press? 2011 – 272p.
2. Gupta, K., Jain, N. K., & Laubscher, R. F. (2016). Hybrid machining processes: perspectives on machining and finishing (p. 68). Switzerland: Springer International Publishing.
3. Zakaznov N.P. Izgotovlenie asfericheskoy optiki/N.P. Zakaznov, V.V. Gorelik. M.: Mashinostroenie, 1978 – 248 c.
4. Hashmi, A. W., Mali, H. S., Meena, A., Saxena, K. K., Puerta, A. P. V., Prakash, C. & Abdul-Zahra, D. S. (2022). Understanding the mechanism of abrasive-based finishing processes using mathematical modeling and numerical simulation. *Metals*,12(8), 1328.
5. Dong, Z., Ya, G., & Liu, J. (2017). Study on machining mechanism of high viscoelastic abrasive flow machining for surface finishing. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*,#231(4), 608-617.
6. Davis, R. A., Holan, S. H., Lund, R., & Ravishanker, N. (Eds.). (2016). Handbook of discrete-valued time series. CRC Press – 484p.
7. Boks Dzh. Analiz vremennyh rjadov, prognoz i upravlenie (chast 1) / Dzh. Boks, G. Dzhenkins// M.: Nauka, 1974. – 405 s.
8. Pollock D.S.G. A Handbook of Time-series Analysis, Signal Processing and Dynamics. Academic Press, 1999. - 848 p.
9. Lavrentev M.A. Metody teorii funkcyj kompleksnogo peremennogo/M.A. Lavrentev, B.V. Shabat – M.: Nauka, 1987. – 688 s.
10. Nemenko A.V. Dalnij prognoz pokazatelej nadezhnosti proizvodstvennoj sistemy/A.V. Nemenko, M.M. Nikitin// *Fundamentalnye i prikladnye problemy tehniki i tehnologii*, 2022, №4(354),s.58 - 64.
11. Nikitin M.M. Asymptotic expansion of a function defined by power series/ M.M. Nikitin// arXiv.math/1006.0178
12. Nemenko A.V. Prikladnye voprosy ocenki tehniceskogo sostojanija sudovyh mehanicheskikh sistem/A.V. nemenko, M.M. Nikitin – M.: Infra-M, 2021 – 174s.

### **Nemenko Alexandra Vasilyevna**

FSAEI HE Sevastopol State University, Sevastopol  
Ph.D. in Tech Science, assistant professor of chair  
«Numerical design»  
Universitetskayast, 33, Sevastopol, Russian Federation,  
299053  
Phone. +79788330519  
E–mail: valesan@list.ru

### **Nikitin Mikhail Mikhailovich**

FSAEI HE Sevastopol State University, Sevastopol  
Senior lecturer of chair «Higher Mathematics »  
Universitetskaya st, 33, Sevastopol, Russian Federation,  
299053  
Phone +79788150316  
E–mail: m.nikitin.1979@gmail.com

*Адрес издателя:*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»  
302026, Орловская область, 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, Орловская область, г. Орел, ул. Московская, 34  
+7 (905) 169 88 99

<https://oreluniver.ru/science/journal/fipptt>  
E-mail: [radsu@rambler.ru](mailto:radsu@rambler.ru)

Материалы статей печатаются в авторской редакции

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 15.10.2022 г.  
Дата выхода в свет 23.12. 2022 г.  
Формат 70X108/16. Усл. печ. л. 12,375  
Цена свободная. Тираж 1000 экз.  
Заказ №205

Отпечатано с готового оригинал–макета  
на полиграфической базе ОГУ имени И.С. Тургенева  
302026, Орловская область, г. Орёл, ул. Комсомольская, д. 95