

ISSN 2073-7408

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

1 (357) 2023

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)

Голеньков 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)

Запомель Я. д-р техн. наук, проф. (Чехия)

Зубанин В.Г. д-р техн. наук, проф.
(Россия)

Киричек А.В. 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)

Пилипенко О.В. д-р техн. наук, проф.
(Россия)

Поляков Р.Н. 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)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Содержание

Колонка главного редактора

Приветственное слово Федотова А.А. участникам XX Международной научно-практической конференции «Энерго- и ресурсосбережение - XXI век» 3

Материалы XX Международной научно-практической конференции "Энерго- и ресурсосбережение XXI век"

Сошников А.А., Титов Е.В. Выбор результирующих решений при защите объектов АПК автоматическими выключателями 4

Котьяев Д.В., Космодамианский А.С., Ивахин А.И. Применение макетной системы для проведения натурных экспериментальных исследований влияния электрического тока на повышение тяговых качеств тепловоза 10

Шлионская Ю.Д. Риск-ориентированный анализ электробезопасности при эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве 19

Федянин В.Я., Родт С.А., Крюков Д.Н. Повышение эффективности систем энергоснабжения сельских потребителей в Алтайском крае 25

Дубинин Д.В., Кутейников П.Д., Рашевская М.А. Изучение характеристик электрической дуги низкого напряжения 34

Еремочкин С.Ю., Дорохов Д.В. Система управления однофазным электроприводом сельскохозяйственных машин малой мощности 39

Хомутов С.О., Белицын И.В., Павличенко И.А. Исследование режима воздушной линии с использованием компактированных и высокотемпературных проводов 52

Абраров М.А., Абраров И.А. Повышение эффективности использования ДГУ при электроснабжении отдаленных объектов АПК 59

Колубанов И.В., Чернышов В.А., Гребенников А.А. Использование магнитного поля воздушной линии электропередачи напряжением 10 кВ для аварийного управления беспилотным летательным аппаратом 66

Качанов А.Н., Гришин В.А. Исследование электрического и теплового полей при сушке древесины в вакуумно-диэлектрической камере 72

Механика деформируемого твердого тела, динамика и прочность

Халиявкин А.А., Гордон В.А., Старкова М.В., Бондаренко В.В. Оценка влияния упругих свойств капроновых деидвудных подшипников на угол контакта с гребным валом 78

Машиностроительные технологии и оборудование

Братан С.М., Харченко А.О., Лысенко Д.А. Обеспечение стабильности обработки поверхностей на операциях круглого наружного шлифования с позиций системного анализа 84

Васютенко А.П., Балакина Н.А. Исследование теплового режима работы технологического модуля шлифования 94

Харченко А.О., Владецкая Е.А., Лазуткин В.О. Прогрессивные способы изготовления рабочей части пластиковых деформирующих метчиков 100

Глушкова Е.В. Прогнозирование работоспособности объектов машиностроения и технологии её повышения 109

Машиноведение и мехатроника

Шутин Д.В., Сытин А.В., Стебаков И.Н., Литовченко М.Г. Распознавание классов траекторий движения ротора на опорах жидкостного трения на основе искусственной нейронной сети 114

Родичев А.Ю., Шутин Д.В., Савин Л.А., Горин А.В., Родичева И.В., Васильев К.В. Оценка технического состояния подшипников скольжения для систем предиктивной аналитики 123

Бондаренко М.Э., Поляков Р.Н., Токмакова М.А., Серебренников А.Д. Анализ экспериментальных исследований активной комбинированной опоры ротора 133

Приборы, биотехнические системы и технологии

Жарких Е.В. Моделирование диагностического объема для портативного устройства лазерной доплеровской флоуметрии 140

Гайнуллина Я.Н., Калинин М.И., Сопин П.К., Титков В.А. Разработка и изготовление экспериментального стенда для десатурации дыхательных жидкостей 148

Контроль, диагностика, испытания и управление качеством

Бакланов А.Н. Метод последовательно-параллельной резонансной идентификации RC параметров трансформаторного масла 155

Осипов К.Н., Баранов А.Г., Маврин С.А. Повышение эффективности производственных испытаний поршневых двигателей внутреннего сгорания 162

Абрамов А.В., Дядя Д.М., Родичева М.В. Развитие методов испытаний показателей качества средств индивидуальной защиты человека от пониженных температур 169

Неменко А.В., Никитин М.М. Прогноз работоспособного состояния технического объекта 177

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

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.pressa-rg.ru и www.aks.ru

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2023

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).

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)

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

Kirichek A.V. 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)

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

Polyakov R.N. 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)

Responsible editor:

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: radu@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

and www.aks.ru

© Orel State University, 2023

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

Editors Note

Welcome speech by Fedotov A.A. participants of the XX International Scientific and Practical Conference "Energy and Resource Saving - XXI Century"..... 3

Materials of the XX International scientific and practical conference "Energy and resource saving XXI century"

Soshnikov A.A., Titov E.V. Selection of effective solutions for the protection of agricultural facilities using automatic circuit breakers..... 4

Kotyaev D.V., Kosmodamiansky A.S., Ivakhin A.I. Prototyping system application for full-scale experimental researches of electric current influence on increasing the traction performance of a diesel locomotive..... 10

Shlionskaya Yu.D. Risk-based analysis of electrical safety during operation of electrical equipment in agriculture..... 19

Fedyanin V.Ya., Rodt S.A., Kryukov D.N. Increasing the efficiency of power supply systems for rural consumers in Altai krai..... 25

Dubinin D.V., Kuteynikov P.D., Rashevskaya M.A. Studying the low voltage electric arc characteristics..... 34

Eremochkin S.Yu., Dorokhov D.V. Control system for a single-phase electric drive for low-power agricultural machines..... 39

Khomutov S.O., Belitsyn I.V., Pavlichenko I.A. Research of the overhead line mode with the use of compact and high-temperature wires..... 52

Abrarov M.A., Abrarov I.A. Improving the efficiency of the use of dgs in the power supply of remote objects of the agro-industrial complex..... 59

Kolubanov I.V., Chernyshov V.A., Grebennikov A.A. Use of the magnetic field of 10 kV overhead power line for emergency control of unmanned aircraft..... 66

Kachanov A.N., Grishin V.A. Investigation of the electric and thermal fields during drying wood in a vacuum-dielectric chamber..... 72

Mechanics of deformable solids, dynamics and strength

Khalyavkin A.A., Gordon V.A., Starkova M.V., Bondarenko V.V. Evaluation of the influence of the elastic properties of caprolone stude bearings on the angle of contact with the propeller shaft..... 78

Machine-building technologies and equipment

Bratan S.M., Kharchenko A.O., Lysenko D.A. Ensuring the stability of surface treatment in round external grinding operations from the standpoint of system analysis..... 84

Vasyutenko A.P., Balakina N.A. Investigation of the thermal mode of operation technological module of internal grinding..... 94

Kharchenko A.O., Vladetskaya E.A., Lazutkin V.O. Progressive methods for manufacturing the working part of plastically deforming taps..... 100

Glushkova E.V. Forecasting the operability of mechanical engineering facilities and technology for its improvement..... 109

Machine Science and Mechatronics

Shutin D.V., Sytin A.V., Stebakov I.N., Litovchenko M.G. Recognition of classes of rotor motion trajectories on fluid film bearings using artificial neural networks..... 114

Rodichev A.Y., Shutin D.V., Savin L.A., Gorin A.V., Rodicheva I.V., Vasiliev K.V. Evaluation of the technical condition of sliding bearings for predictive analytics systems..... 123

Bondarenko M.E., Polyakov R.N., Tokmakova M.A., Serebrennikov A.D. Analysis of experimental studies active combined rotor support..... 133

Devices, biotechnical systems and technologies

Zharkikh E.V. Sampling volume simulation for a wearable laser doppler flowmetry device..... 140

Gainullina Ya.N., Kalinin M.I., Sopin P.K., Titkov V.A. Development and manufacture of an experimental stand for desaturation of respiratory fluids..... 148

Monitoring, Diagnostics, Testing and Quality Management

Baklanov A.N. Method of series-parallel resonant identification of RC parameters of transformer oil..... 155

Osipov K.N., Baranov A.G., Mavrin S.A. Question of improving efficiency production testing of reciprocating internal combustion engines..... 162

Abramov A.V., Dada D.M., Rodicheva M.V. Development of testing methods for quality indicators of means of personal protection against low temperatures..... 169

Nemenko A.V., Nikitin M.M. Forecast of technical object operation state..... 177

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).

Колонка главного редактора

Приветственное слово участникам
XX Международной научно-практической конференции
"ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ - XXI ВЕК"



Федотова Александра Анатольевича,

ректора ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева», почетного работника сферы образования РФ, председателя организационного комитета XX Международной научно-практической конференции "Энерго- и ресурсосбережение XXI век"

Уважаемые дамы и господа, участники XX Международной научно-практической конференции "ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ - XXI ВЕК"(МНПК-2022), выражаю Вам искреннюю признательность за активную и плодотворную работу, а также интересные и содержательные доклады. Считаю важным отметить, что конференция «Энерго- и ресурсосбережение XXI ВЕК» традиционно проводится на базе института приборостроения, автоматизации и информационных технологий ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева». Она направлена на дальнейшее развитие и популяризацию новейших достижений науки, техники, а также передового опыта по внедрению энерго- и ресурсосберегающего оборудования, цифровых технологий в электроэнергетике, электротехнике и других сферах. Идея проведения конференции принадлежит кафедре электрооборудования и энергосбережения, которая с 2001 года и по настоящее успешно организует работу ее мультидисциплинарных тематических секций, тем самым способствуя дальнейшему расширению и укреплению деловых контактов между отечественными и зарубежными специалистами, работающими в области энерго- и ресурсосбережения.

Я с удовлетворением констатирую тот факт, что конференция динамично растет и развивается, несмотря на все трудности последних лет. Так, в 2021 году часть материалов конференции была традиционно опубликована в наукометрической базе РИНЦ, а доклады, представляющие наибольший научно-практический интерес, были размещены в издании, входящем в международную базу данных Web of Science.

Отличительной особенностью конференции МНПК-2022 является то, что лучшие доклады её участников, прошедшие процедуру двухуровневого независимого рецензирования, смогли попасть на страницы журнала «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии», входящего в перечень ВАК, а также индексируемого в базе РИНЦ и международных системах цитирования Chemical Abstracts и Google Scholar.

Отмеченное выше демонстрирует всем участникам состоявшейся конференции, а также её потенциальным участникам, серьезный задел и высокий уровень данного мероприятия, позволяет им уверенно ожидать от организаторов конференции, предоставления очередной возможности апробировать результаты своих научных исследований. Искренне надеюсь, что конференция и в дальнейшем будет служить эффективной платформой не только для научных дискуссий и обмена практическим опытом по актуальным проблемам в области энерго- и ресурсосбережения, но и способствовать интеграции её участников в мировое научно-образовательное пространство

Желаю всем участникам дальнейшей активной и плодотворной работы, творческого вдохновения, крепкого здоровья и личного благополучия!

МАТЕРИАЛЫ XX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ - XXI ВЕК»

УДК 621.316.9

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-4-9

А.А. СОШНИКОВ, Е.В. ТИТОВ

ВЫБОР РЕЗУЛЬТАТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ЗАЩИТЕ ОБЪЕКТОВ АПК АВТОМАТИЧЕСКИМИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ

Аннотация. Рассмотрены принципы оценки эффективности защиты внутренних сетей объектов агропромышленного комплекса автоматическими выключателями. Предложены количественные критерии оценки пожарной опасности коротких замыканий, позволяющие оценить возможность перегрева электропроводки на каждом участке электрической сети и условную вероятность пожара в течение года на исследуемом объекте. Описаны особенности практического использования различных критериев. Приведены максимальные и средние значения токов срабатывания электромагнитных расцепителей автоматических выключателей серий АЕ и ВА с характеристиками С и В. Выбор выключателей по условиям срабатывания электромагнитных расцепителей рекомендовано производить с помощью разработанных номограмм, а в случаях, когда защита от аварийных токов на контролируемых участках частично или полностью осуществляется тепловыми расцепителями – по критериям пожарной опасности или кратности тока и времени срабатывания.

Ключевые слова: автоматический выключатель, электромагнитный и тепловой расцепители, внутренняя электрическая сеть, короткое замыкание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликова, Л.В. Основы электромагнитной совместимости: учебник для вузов / Л.В. Куликова, О.К. Никольский, А.А. Сошников. – изд. 4-е, стер. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2020. – 404 с. ISBN 978-5-4499-1175-9. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44365216> (дата обращения: 10.10.2022). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
2. Попов, М. Г. Особенности выбора расчетного вида короткого замыкания при определении чувствительности защитных аппаратов в сетях 0,4 кВ / М. Г. Попов, А. А. Лапидус, С. Н. Соловьева // Релейная защита и автоматизация. – 2022. – № 2(47). – С. 11-15.
3. S. Boron, A. Heyduk, J. Joostberens, J. Pielot, "Empirical Model of a Human Body Resistance at a Hand-to-Hand DC Flow," Elektronika ir elektrotechnika, vol. 22, no. 4, pp. 26-31, 2016. – DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.eie.22.4.15910> (дата обращения: 11.10.2022). – Режим доступа: свободный.
4. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии. Приказ Минэнерго России от 12 августа 2022 года N 811. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/351621634?marker=65E0IS> (дата обращения: 10.10.2022). – Режим доступа: свободный.
5. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. Издание 7. – URL: <https://www.elec.ru/library/direction/pue.html> (дата обращения: 10.10.2022). – Режим доступа: свободный.
6. Повышение эффективности защит Дальнего резервирования в распределительных сетях электроснабжения до 1 кВ / М. Г. Попов, С. Н. Соловьева, А. А. Лапидус [и др.] // Вестник Чувашского университета. – 2020. – № 1. – С. 155-166.
7. Исследование отключающей способности автоматических выключателей в режиме короткого замыкания / Е. Г. Егоров, С. П. Иванова, Н. Ю. Луия [и др.] // Электротехника. – 2018. – № 8. – С. 12-15.
8. Смелков, Г. И. Пожарная безопасность электропроводок. – Москва: ООО «Кабель», 2009. – 328 с. ISBN 978-5-9901554-2-8.
9. Сошников, А. А. Экспресс-оценка эффективности защиты в сетях 0,38 кВ с низким уровнем аварийных токов / А. А. Сошников, Е. В. Титов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2(184). – С. 158-163.
10. Сошников, А. А. Влияние структурно-параметрических характеристик защиты электрических сетей АПК на пожарную опасность коротких замыканий / А. А. Сошников, Е. В. Титов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(210). – С. 119-124.

Сошников Александр Андреевич
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова»;
доктор технических наук, профессор, профессор
кафедры «Электрификация производства и быта»;

Титов Евгений Владимирович
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова»;
доктор технических наук, доцент, ведущий научный
сотрудник;

656038, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина 46;
телефон: +7(3852) 36-71-29;
E-mail: aa@soshnikov.info.

656038, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина 46;
телефон: +7(3852) 36-71-29;
E-mail: 888tev888@mail.ru

A.A. SOSHNIKOV, E.V. TITOV

SELECTION OF EFFECTIVE SOLUTIONS FOR THE PROTECTION OF AGRICULTURAL FACILITIES USING AUTOMATIC CIRCUIT BREAKERS

Abstract. *The article discusses the principles of evaluating the effectiveness of protection of internal networks of objects of the agro-industrial complex using automatic circuit breakers. We suggest using quantitative criteria for assessing the fire hazard of short circuits. With the help of these criteria, it is possible to assess the possibility of burning out electrical wiring in each section of the electrical network, and it is also possible to determine the conditional probability of a fire during the year at the object. The article describes the features of the practical use of various criteria. The article shows the maximum and average values of the electric current of actuation of the electromagnetic disconnectors of automatic circuit breaker of the AE and VA series with characteristics C and B. We recommend selecting automatic circuit breakers according to the conditions of operation of electromagnetic disconnectors using the developed nomograms. In cases where protection against emergency electric current in controlled areas is partially or completely realized with the help of thermal disconnectors, it is proposed to use the criteria of fire hazard or the multiplicity of current and actuation time.*

Keywords: *automatic circuit breaker, electromagnetic and thermal disconnectors, internal electrical network, short circuit.*

BIBLIOGRAPHY

1. Kulikova, L.V. Osnovy jelektromagnitnoj sovmestimosti: uchebnik dlja vuzov / L.V. Kulikova, O.K. Nikolskij, A.A. Soshnikov. – izd. 4-e, ster. – Moskva; Berlin: Direkt-Media, 2020. – 404 s. ISBN 978-5-4499-1175-9. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44365216> (data obrashhenija: 10.10.2022). – Rezhim dostupa: dlja zaregistririvannyh polzovatelej.
2. Popov, M. G. Osobennosti vybora raschetnogo vida korotkogo zamykanija pri opredelenii chuvstvitelnosti zashhitnyh apparatov v setjah 0,4 kV / M. G. Popov, A. A. Lapidus, S. N. Soloveva // Relejnaja zashhita i avtomatizacija. – 2022. – № 2(47). – S. 11-15.
3. S. Boron, A. Heyduk, J. Joostberens, J. Pielot, "Empirical Model of a Human Body Resistance at a Hand-to-Hand DC Flow," Elektronika ir elektrotehnika, vol. 22, no. 4, pp. 26-31, 2016. – DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.eie.22.4.15910> (data obrashhenija: 11.10.2022). – Rezhim dostupa: svobodnyj.
4. Pravila tehnicheckoj jekspluatacii jelektroustanovok potrebitelej jelektricheskoj jenerгии. Prikaz Minjenergo Rossii ot 12 avgusta 2022 goda N 811. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/351621634?marker=65E0IS> (data obrashhenija: 10.10.2022). – Rezhim dostupa: svobodnyj.
5. PUJe 7. Pravila ustrojstva jelektroustanovok. Izdanie 7. – URL: <https://www.elec.ru/library/direction/pue.html> (data obrashhenija: 10.10.2022). – Rezhim dostupa: svobodnyj.
6. Povysenie jeffektivnosti zashhit Dalnego rezervirovanija v raspredelitelnyh setjah jelektrosnabzhenija do 1 kV / M. G. Popov, S. N. Soloveva, A. A. Lapidus [i dr.] // Vestnik Chuvashskogo universiteta. – 2020. – № 1. – S. 155-166.
7. Issledovanie otkljuchajushhej sposobnosti avtomaticheskikh vykljuchatelej v rezhime korotkogo zamykanija / E. G. Egorov, S. P. Ivanova, N. Ju. Luija [i dr.] // Jelektrotehnika. – 2018. – № 8. – S. 12-15.
8. Smelkov, G. I. Pozharnaja bezopasnost jelektroprovodok. – Moskva: OOO «Kabel», 2009. – 328 s. ISBN 978-5-9901554-2-8.
9. Soshnikov, A. A. Jekspress-ocenka jeffektivnosti zashhity v setjah 0,38 kV s nizkim urovnem avarijnyh tokov / A. A. Soshnikov, E. V. Titov // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – № 2(184). – S. 158-163.
10. Soshnikov, A. A. Vlijanie strukturno-parametriceskikh harakteristik zashhity jelektricheskih setej APK na pozharuju opasnost korotkih zamykanij / A. A. Soshnikov, E. V. Titov // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 4(210). – S. 119-124.

Soshnikov Alexander Andreevich

Polzunov Altai State Technical University;
doctor of Technical Sciences, a professor, a professor in
the Department of Electrification of Production and Life;
656038, Altai Krai, Barnaul, Lenin Ave. 46;
phone: +7(3852) 36-71-29;

Titov Evgeny Vladimirovich

Polzunov Altai State Technical University;
doctor of Technical Sciences, an associate professor, a
leading researcher;
656038, Altai Krai, Barnaul, Lenin Ave. 46;
phone: +7(3852) 36-71-29;

Д.В. КОТЯЕВ, А.С. КОСМОДАМИАНСКИЙ, А.И. ИВАХИН

ПРИМЕНЕНИЕ МАКЕТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ НАТУРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ПОВЫШЕНИЕ ТЯГОВЫХ КАЧЕСТВ ТЕПЛОВОЗА

Аннотация. Обоснован метод натурных экспериментальных исследований тяговых качеств тепловоза с применением макетных систем. Рассмотрена макетная электрическая система, основанная на подаче тока тягового генератора в контакты колес с рельсами и позволяющая получать реальные значения параметров тяги тепловоза в движении. Приведены результаты предварительных исследований опытной секции тепловоза в составе специального испытательного комплекса.

Ключевые слова: натурные экспериментальные исследования, тепловоз с электропередачей, повышение сцепления, макетная электрическая система, результаты испытаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ткаченко, В.П. Кинематическое сопротивление движению рельсовых экипажей: Монография. – Луганск: Изд-во ВУГУ, 1996. – 200 с.
2. Ивахин А.И., Петраков Д.И. Экспериментальные исследования влияния электрического тока на сцепные качества локомотивов // Тяжелое машиностроение. – 2013. – № 1. – С. 27–34.
3. Ивахин А.И., Бабков Ю.В., Котяев Д.В., Клименко Ю.И. Системы повышения сцепления тепловозов с электропередачей // Тяжелое машиностроение. – 2021. – № 1-2. – С. 39–44.
4. Гриневич В.П., Пронин Ю.Д., Фролов П.С., Заморин П.Г., Кашников Г.Ф., Петров В.Н. Измерительно-вычислительный комплекс для проведения тягово-энергетических испытаний // Вестник ВНИКТИ. – 2018. – № 101. – С. 22–31.

Котяев Дмитрий Викторович
АО «Научно-исследовательский конструкторско-технологический институт подвижного состава» (АО «ВНИКТИ»), г. Коломна
заместитель главного инженера
Тел.: +7(915)0600653
E-mail: kotyaev-dv@vnikti.com

Космодамианский Андрей Сергеевич
Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ)), г. Москва
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Тяговый подвижной состав»
Тел.: +7(909)9157263
E-mail: askosm@mail.ru

Ивахин Александр Иванович
Брянский государственный технический университет, г. Брянск
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог»
241035, г. Брянск, бул. 50-летия Октября, д. 7
Тел.: +7(915)8040987
E-mail: nivahina@inbox.ru

D.V. KOTYAEV, A.S. KOSMODAMIANSKY, A.I. IVAKHIN

PROTOTYPING SYSTEM APPLICATION FOR FULL-SCALE EXPERIMENTAL RESEARCHES OF ELECTRIC CURRENT INFLUENCE ON INCREASING THE TRACTION PERFORMANCE OF A DIESEL LOCOMOTIVE

Abstract. The method is justified for full-scale experimental researches of diesel locomotive traction qualities using prototyping systems. A prototyping electrical system is considered which is based on the supply of the traction generator current to the wheel/rail contacts and which allows obtaining real values of the traction parameters of a diesel locomotive in motion. The results are presented for preliminary studies of the experimental unit of the diesel locomotive as part of a special test complex.

Keywords: full-scale experimental researches, diesel-electric locomotive, adhesion enhancement, prototyping electrical system, test results.

BIBLIOGRAPHY

1. Tkachenko V.P. Kinematicheskoye soprotivleniye dvizheniyu relsovykh ekipazhey: Monografiya. – Lugansk: Izd-vo VUGU, 1996. – 200 s.
2. Ivakhin A.I., Petrakov D.I. Eksperimentalnyye issledovaniya vliyaniya elektricheskogo toka na stsepynye kachestva lokomotivov // Tyazheloye mashinostroyeniye. – 2013. – № 1. – S. 27–34.
3. Ivakhin A.I., Babkov YU.V., Kotyayev D.V., Klimenko YU.I. Sistemy povysheniya stsepleniya teplovozov s elektropredachey // Tyazheloye mashinostroyeniye. – 2021. – № 1–2. – S. 39–44.
4. Grinevich V.P., Pronin Yu.D., Frolov P.S., Zamorin P.G., Kashnikov G.F., Petrov V.N. Measuring and computing complex for carrying out traction and energy tests // Vestnik VNIKTI. – 2018. – №. 101. – S. 22–31.

Kotyayev Dmitry Viktorovich
Scientific-Research and
Design-Technology
Institute of Rolling Stock
(VNIKTI), Kolomna
Deputy Chief Engineer
140402, Kolomna, Oktyabrskoy
Revolutsii Str, 410
Ph.: +7(915)0600653
E-mail: kotyayev-
dv@vnikti.com

Kosmodamiansky Andrey Sergeevich
Russian University of Transport (“RUT
(МИИТ)”), Moscow
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of Department of Traction Rolling
Stock
125315, Moscow, Chasovaya Str., 22/2,
building 1
Ph.: +7(909)9157263
E-mail: askosm@mail.ru

Ivakhin Aleksandr Ivanovich
Bryansk State Technical University
(“BSTU”), Bryansk
Candidate of Technical Sciences,
Assistant Professor,
Assistant Professor of Department of
Railway Rolling Stock
241035, Bryansk, Bul. 50-letiya
Oktyabrya, 7
Ph.: +7(915)8040987
E-mail: nivahina@inbox.ru

© Д.В. Котяев, А.С. Космодамианский, А.И. Ивахин, 2023

УДК 658.382.3

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-19-24

Ю.Д. ШЛИОНСКАЯ

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация. Приведены результаты исследования использования риск-ориентированного подхода в системе организации электробезопасности при эксплуатации электроустановок в агропромышленном комплексе. Определена цель анализа и прогнозирования риска электротравмирования. Целью работы является обоснование риск-ориентированного подхода при организации системы электробезопасности на предприятиях агропромышленного комплекса для оптимизации затрат на охрану труда. В результате исследования было выявлено, что получаемая выгода от принимаемого в системе электробезопасности решения не всегда совпадает с ожидаемой, более того, она практически всегда отличается от нее, поэтому, кроме характеристики математического ожидания необходимо оценивать и характеристики рассеяния – дисперсию и среднее квадратичное отклонение, первая из которых при стремлении меры несклонности работника к риску (при $k \rightarrow 0$) совпадает с дисперсией функции выгодности.

Ключевые слова: риск, система электробезопасности, агропромышленный комплекс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерёмкина, Т.В. Анализ риска электротравматизма при эксплуатации электроустановок [Текст] / Т.В. Ерёмкина, А.Ф. Калинин, Д.С. Шурыгин // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – №1(14). – С. 73-76.
2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 11.06.2021) // принят Государственной думой 20 июня 1997 года.
3. Хамаза, А.А. Концепция внедрения риск-ориентированного подхода в контрольно-надзорную деятельность в области использования атомной энергии / А.А. Хамаза, А.В. Курындин, А.В. Белоусов, М.Ю. Орлов – М.: ФБУ «НТЦ ЯРБ», 2018 г. – 36 с. – Библиогр.: 57 назв., илл. (Препринт ФБУ «НТЦ ЯРБ»).
4. Хамаза, А.А. Методы оптимизации обеспечения безопасности на всех этапах жизненного цикла объектов ядерной техники: диссертация... кандидата технических наук: 05.14.03, 08.00.05 / Хамаза Александр Александрович; [Место защиты: Нац. исслед. ядерный ун-т]. - Москва, 2016. - 143 с.: ил.

5. Хайруллина, Л.И. Экономические механизмы мероприятий по улучшению условий труда / Л.И. Хайруллина, В.С. Гасилов // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 11-1. – С. 208-212.
6. Еремина, Т.В. Метод оценки и оптимизации пожарной безопасности электроустановок производственных объектов / Т.В. Еремина, И.А. Шаныгин // *Российская наука в современном мире: материалы XXIV Международной научно-практической конференции*. – 2019. – С. 46-48.
7. Завьялов, А.М. Повышение безопасности труда на железнодорожном транспорте на основе снижения влияния человеческого фактора: диссертация... доктора технических наук: 05.26.01 / Завьялов Антон Михайлович. - Москва, 2017. - 395 с.
8. Елькин, А.Б. Евсева И.А. Оценка экономической эффективности мероприятий по безопасности и охране труда / А.Б. Елькин, И.А. Евсева. // *XXI век. Техносферная безопасность*. 2021. – 6(2). – С.157-167. <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2021-2-157-167>
9. Гармаев А.Л. Повышение безопасности электрических мобильных машин на основе системного подхода: диссертация... кандидата технических наук: 05.26.01 / Гармаев Алексей Леонидович. - Улан-Удэ, 2016. - 186 с.
10. Никольский, О.К. Моделирование техногенных рисков электроустановок производственных объектов на основе анализа человеко-машинных систем / О.К. Никольский, Ю.Д. Шлионская, И.А. Шаныгин // *Электротехника*. – 2018. – № 12. – С. 37-44.
11. Финансы: учебник / Ю.С. Долганова, Н.Ю. Исакова, Н.А. Истомина [и др.]; под общ. ред. канд. экон. наук, доц. Н.Ю. Исаковой; Мин-во обр. и науки РФ. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 336 с.
12. Никольский О.К., Куликова Л.В., Шлионская Ю.Д. Основы оценки и прогнозирования безопасной эксплуатации электроустановок: учебное пособие – Барнаул; Изд-во АлтГТУ, 2021. – с. 113.
13. Никольский О.К., Халина Т.М., Шлионская Ю.Д. Функционирование системы техногенной безопасности электроустановок: монография – изд. 1-е, стер. – Lambert Academic Publishing, 2021 – 359 с. ISBN 978-620-4-20742-1.
14. Кудрявцев, Л.Д. Курс математического анализа. Том 1: учебник для вузов / Л.Д. Кудрявцев. — 6-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2012. — 703 с. — Серия: Бакалавр. Базовый курс.

Шлионская Юлия Давидовна

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

младший научный сотрудник

656038, Российская Федерация, Алтайский край,

г. Барнаул, пр Ленина, 46

тел: (3852) 29-08-82

e-mail: jlash1996@gmail.com

Yu.D. SHLIONSKAYA

RISK-BASED ANALYSIS OF ELECTRICAL SAFETY DURING OPERATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT IN AGRICULTURE

Abstract. *The results of a study on the use of a risk-based approach in the system of organizing electrical safety in the operation of electrical installations in the agro-industrial complex are presented. The purpose of the analysis and prediction of the risk of electrical injury is determined. The aim of the work is to test the risk-based approach in organizing the electrical safety system at the enterprises of the agro-industrial complex to optimize the cost of labor protection. As a result of the study, it was found that the benefit received from the decision made by the electrical safety system does not always coincide with the expected one and almost always differ from it, therefore, in addition to the mathematical expectation characteristic, it is necessary to evaluate the scattering characteristics – dispersion and standard deviation, the first of which, when striving measures of employees aversion to risk (for $k \rightarrow 0$) coincides with the variance of the profitability function.*

Keywords: *risk, electrical safety system, agro-industrial complex.*

BIBLIOGRAPHY

1. Eryomina, T.V. Analiz riska elektrotravmatizma pri eksploatacii elektroustanovok [Tekst] / T.V. Eremina, A.F. Kalinin, D.S. Shurygin // *Vestnik VIESKH*. – 2014. – №1(14). – С. 73-76.
2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 11.06.2021) // *принят Государственной думой 20 июня 1997 года*.

3. Hamaza, A.A. Konceptsiya vnedreniya risk-orientirovannogo podhoda v kontrolno-nadzornuyu deyatelnost v oblasti ispolzovaniya atomnoj energii / A.A. Hamaza, A.V. Kuryndin, A.V. Belousov, M.YU. Orlov – M.: FBU «NTC YARB», 2018 g. – 36 s. – Bibliogr.: 57 nazv., ill. (Preprint FBU «NTC YARB»).

4. Hamaza, A.A. Metody optimizacii obespecheniya bezopasnosti na vsekh etapah zhiznennogo cikla ob"ektov yadernoj tekhniki: dissertaciya... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.14.03, 08.00.05 / Hamaza Aleksandr Aleksandrovich; [Mesto zashchity: Nac. issled. yadernyj un-t]. - Moskva, 2016. - 143 s.: il.

5. Hajrullina, L.I. Ekonomicheskie mekhanizmy meropriyatij po uluchsheniyu uslovij truda / L.I. Hajrullina, V.S. Gasilov // Fundamentalnye issledovaniya. – 2015. – № 11-1. – S. 208-212.

6. Eremina, T.V. Metod ocenki i optimizacii pozharnoj bezopasnosti elektroustanovok proizvodstvennykh ob"ektov / T.V. Eremina, I.A. Shanygin // Rossijskaya nauka v sovremennom mire: materialy XXIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – 2019. – S. 46-48.

7. Zavyalov, A.M. Povysenie bezopasnosti truda na zhelezodorozhnom transporte na osnove snizheniya vliyaniya chelovecheskogo faktora: dissertaciya... doktora tekhnicheskikh nauk: 05.26.01 / Zavyalov Anton Mihajlovich. - Moskva, 2017. - 395 s.

8. Elkin, A.B. Evseeva I.A. Ocenka ekonomicheskoj effektivnosti meropriyatij po bezopasnosti i ohrane truda / A.B. Elkin, I.A. Evseeva. // XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost. 2021. – 6(2). – S.157-167. <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2021-2-157-167>

9. Garmaev A.L. Povysenie bezopasnosti elektricheskikh mobilnykh mashin na osnove sistemnogo podhoda: dissertaciya... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.26.01 / Garmaev Aleksej Leonidovich. - Ulan-Ude, 2016. - 186 s.

10. Nikol'skij, O.K. Modelirovanie tekhnogennykh riskov elektroustanovok proizvodstvennykh ob"ektov na osnove analiza cheloveko-mashinnykh sistem / O.K. Nikol'skij, Yu.D. Shlionskaya, I.A. Shanygin // Elektrotehnika. – 2018. – № 12. – S. 37-44.

11. Finansy: uchebnik / Yu. S. Dolganova, N.Yu. Isakova, N.A. Istomina [i dr.]; pod obshch. red. kand. ekon. nauk, doc. N.Yu. Isakovej; Min-vo obr. i nauki RF. — Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2019. — 336 s.

12. Nikol'skij O.K., Kulikova L.V., Shlionskaya Yu.D. Osnovy` ocenki i prognozirovaniya bezopasnoj e`kspluataczii e`lektroustanovok: uchebnoe posobie – Barnaul; Izd-vo AltGTU, 2021. – с. 113.

13. Nikol'skij O.K., Khalina T.M., Shlionskaya Yu.D. Funkcionirovanie sistemy` tekhnogennoj bezopasnosti e`lektroustanovok: monografiya – izd. 1-e, ster. – Lambert Academic Publishing, 2021 – 359 s. ISBN 978-620-4-20742

14. Kudryavcev, L.D. Kurs matematicheskogo analiza. Tom 1: uchebnik dlya vuzov / L.D. Kudryavcev. — 6-e izd. — Moskva: Izdatelstvo YUrajt, 2012. — 703 s. — Seriya: Bakalavr. Bazovyy kurs.

Shlionskaya Yulia Davidovna

Polzunov Altai State Technical University

Junior Researcher

prospect Lenina 46, Barnaul 656038, Russian Federation

tel. +7 (385-2) 29-08-82

e-mail: jlash1996@gmail.com

© Ю.Д. Шлионская, 2023

УДК 621.316.1.05

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-25-33

В.Я. ФЕДЯНИН, С.А. РОДТ, Д.Н. КРЮКОВ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Аннотация. В статье рассмотрена проблема энергоснабжения сельских потребителей Алтайского края, связанные использованием привозного каменного угля. Приведены варианты повышения энергетической эффективности системы теплоснабжения за счет применения тепловых насосов, использующих низкопотенциальное тепло поверхностных слоёв Земли.

Ключевые слова: топливно-энергетический баланс Алтайского края; перевод сельских потребителей с угольного отопления на электрическое; использование возобновляемого тепла поверхностных слоёв Земли для теплоснабжения сельских потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства Алтайского края № 543 от 31.12.2019 г. с изменениями «Об утверждении государственной программы Алтайского края «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности».

2. Приказ Минэнерго России от 29.10.2021 № 1169 «Об утверждении Порядка составления топливно-энергетических балансов субъектов Российской Федерации, муниципальных образований».
3. Схема и программа «Развитие электроэнергетики Алтайского края» на 2023–2027 годы.
4. Оперативная информация Службы государственной статистики «Производство и потребление электроэнергии по Алтайскому краю 2021», Индекс публикации: 40090, дата выпуска: 26.05.2022.
5. Амерханов Р.А., Бареев В.И., Кириченко А.С. Энергоэффективные здания и сооружения с использованием геотермальной энергии // Проектирование и строительство автономных, энергоэффективных зданий: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф., Краснодар, 31 мая - 2 июня 2018. - Уфа: Омега Сайнс, 2018. - с.19-26.
6. Васильев Г.П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли: монография. - М.: ИД "Граница", 2006. - 176 с. 5
7. Сибикин Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – 2-е изд., стер.– М.: КНОРУС, 2012. – 232 с. 6
8. Снытко А.В., Тасейко О.В. Тепловые насосы как источник альтернативной энергии // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Технические науки, Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, 2012. - с. 243 - 244.
9. Основы использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии: учебное пособие / В. Я. Федянин, С. О. Хомутов, В. М. Иванов, И. А. Бахтина, Т. Ю. Иванова; под ред. В. Я. Федянина. – Барнаул: ООО «МЦ ЭОР», 2018. – 146 с. 9
10. Тепловые насосы в теплоснабжении зданий и сооружений: Сборник, семинар № 22 симпозиума «Неделя горняка-2007» / Потанин А.В., Закиров Д.Г., Чадов Ю.Н., Николаев В.А.; под ред. А.В. Ляхомского - Пермь, 2008. с. 321 - 329.

Федянин Виктор Яковлевич
 ФГБОУ ВО «Алтайский
 государственный технический
 университет им. И.И. Ползунова»
 д.т.н., профессор кафедры
 «Электротехника и
 автоматизированный
 электропривод»
 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
 Тел. 8-983-171-88-16
 E-mail: fedyanin054@mail.ru

Родт Сергей Александрович
 ФГБОУ ВО «Алтайский
 государственный технический
 университет им. И.И. Ползунова»
 аспирант кафедры
 «Электротехника и
 автоматизированный
 электропривод»
 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
 Тел. 8-906-940-81-70
 E-mail: rodtsa@yandex.ru

Крюков Дмитрий Николаевич
 ФГБОУ ВО «Алтайский
 государственный технический
 университет им. И.И. Ползунова»
 соискатель кафедры
 «Электротехника и
 автоматизированный
 электропривод»
 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
 Тел. 8-960-963-16-53
 E-mail: dnk-07@yandex.ru

V.Ya. FEDYANIN, S.A. RODT, D.N. KRYUKOV

INCREASING THE EFFICIENCY OF POWER SUPPLY SYSTEMS FOR RURAL CONSUMERS IN ALTAI KRAI

Abstract. *The article deals with the problem of energy supply to rural consumers in the Altai Territory, associated with the use of imported coal. Options for increasing the energy efficiency of the heat supply system through the use of heat pumps using low-grade heat from the surface layers of the Earth are given.*

Keywords: *fuel and energy balance of the Altai Territory; transfer of rural consumers from coal heating to electric heating; use of renewable heat of the surface layers of the Earth for heat supply to rural consumers.*

BIBLIOGRAPHY

1. Decree of the Government of the Altai Territory No. 543 dated December 31, 2019, as amended “On Approval of the State Program of the Altai Territory “Energy Saving and Energy Efficiency Improvement”.
2. Order of the Ministry of Energy of Russia dated October 29, 2021 No. 1169 “On Approval of the Procedure for Compiling Fuel and Energy Balances of the Subjects of the Russian Federation, Municipalities”.
3. Scheme and program "Development of the electric power industry of the Altai Territory" for 2023–2027.
4. Operational information of the State Statistics Service "Production and consumption of electricity in the Altai Territory 2021", Publication index: 40090, release date: 05/26/2022.
5. Amerkhanov R.A., Bareev V.I., Kirichenko A.S. Energy-efficient buildings and structures using geothermal energy // Design and construction of autonomous, energy-efficient buildings: Sat. Art. intl. scientific-practical. Conf., Krasnodar, May 31 - June 2, 2018. - Ufa: Omega Science, 2018. - p.19-26.
6. Vasiliev G.P. Heat and cold supply of buildings and structures using low-potential thermal energy of the surface layers of the Earth: monograph. - M.: ID "Border", 2006. - 176 p. - Bibliography: 94 titles.
7. Sibikin Yu. D. Non-traditional and renewable energy sources: study guide / Yu.D. Sibikin, M. Yu. Sibikin. - 2nd ed., ster. - M.: KNORUS, 2012. - 232 p.
8. Snytko A.V., Taseiko O.V. Heat pumps as a source of alternative energy // Actual problems of aviation and cosmonautics. Engineering Sciences, Siberian State Aerospace University named after Academician M. F. Reshetnev, Krasnoyarsk, 2012. - p. 243 - 244.

9. Fundamentals of the use of non-traditional and renewable energy sources: textbook / V. Ya. Fedyanin, S. O. Khomutov, V. M. Ivanov, I. A. Bakhtina, T. Yu. Ivanova; ed. V. Ya. Fedyanina. - Barnaul: LLC "MC EOR", 2018. - 146 p.

10. Heat pumps in the heat supply of buildings and structures: Collection, seminar No. 22 of the symposium "Miners Week-2007" / Potanin A.V., Zakirov D.G., Chadov Yu.N., Nikolaev V.A.; ed. A.V. Lyakhomsky - Perm, 2008. p. 321 - 329.

Fedyanin Victor Yakovlevich
FSBEI of HE "Altai state technical university. I.I. Polzunov»
D of TS, Professor of the Department "Electrical Engineering and automated electric drive"
656038, Barnaul, Lenin Ave., 46
Ph: 8-983-171-88-16
E-mail: fedyanin054@mail.ru

Rodt Sergey Alexandrovich
FSBEI of HE "Altai state technical university. I.I. Polzunov»
Postgraduate student of the department "Electrical Engineering and automated electric drive"
656038, Barnaul, Lenin Ave., 46
Ph: 8-906-940-81-70
E-mail: rodtsa@yandex.ru

Kryukov Dmitry Nikolaevich
FSBEI of HE "Altai state technical university. I.I. Polzunov»
Applicant of the department "Electrical Engineering and automated electric drive"
656038, Barnaul, Lenin Ave., 46
Ph: 8-960-963-16-53
E-mail: dnk-07@yandex.ru

© В.Я. Федянин, С.А. Родт, Д.Н. Крюков, 2023

УДК 621.311

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-34-38

Д.В. ДУБИНИН, П.Д. КУТЕЙНИКОВ, М.А. РАШЕВСКАЯ

ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Аннотация. В статье изучено явление электрической дуги на низком напряжении. Рассмотрено ее негативное влияние на безопасность человека и электрооборудования, приведена статистика. Приведены группы дуговых пробоев, описаны их свойства и причины возникновения. Также описаны существующие сегодня способы защиты от аварий, связанных с электроснабжением, и вероятность их срабатывания при дуговом пробое. Была также описана собранная нами экспериментальная установка для имитации дугового пробоя низкого напряжения, а также приведены результаты проведенных экспериментов.

Ключевые слова: электрическая дуга, низкое напряжение, пробой, УЗДП, пожарная безопасность, устройства защиты, параллельный дуговой пробой, последовательный дуговой пробой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по организации профилактики пожаров от электрооборудования в жилых и общественных зданиях с применением технических средств: Методические рекомендации. – М.: ВНИИПО, 2022 – 66 с.

2. NedzadHadziefendic; MiomirKostic; Zoran Radakovic (2009). Detection of series arcing in low-voltage electrical installations., 19(3), 423–432. doi:10.1002/etep.229

3. Испытания устройства защиты от дугового пробоя и искровых промежутков на срабатывание / Ю. Н. Ерашова, И. В. Ившин, И. И. Ившин, А. Н. Тюрин // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2021. – Т. 23. – № 3. – С. 168-180. – DOI 10.30724/1998-9903-2021-23-3-168-180. – EDN KZRCME.

4. Гудожников, А. С. Изучение специфических характеристик дуговых замыканий в низковольтных распределительных сетях / А. С. Гудожников, М. П. Тибряев, М. А. Рашевская // Фёдоровские чтения — 2021: LI международная научно-практическая конференция с элементами научной школы, Москва, 17–19 ноября 2021 года. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2021. – С. 191-198. – EDNPOJDSH.

Кутейников Павел Дмитриевич
ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»
студент кафедры ЭППЭ
111250, г. Москва, ул.
Красноказарменная, д. 14
Тел. +7(999)626-36-28
E-mail: KuteynikovPD@mpei.ru

Дубинин Денис Владимирович
ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»
студент кафедры ЭППЭ
111250, г. Москва, ул.
Красноказарменная, д. 14
Тел. +7(963) 651-82-07
E-mail: DubininDV@mpei.ru

Рашевская Марина Александровна
ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»
Кандидат технических наук, доцент
кафедры ЭППЭ
111250, г. Москва, ул.
Красноказарменная, д. 14
Тел. +7(909) 912-02-77
E-mail: mkr@list.ru

STUDYING THE LOW VOLTAGE ELECTRIC ARC CHARACTERISTICS

Abstract. *The article studied the phenomenon of an electric arc at low voltage. Its negative impact on the safety of people and electrical equipment is considered, statistics are given. Groups of arc faults are given, their properties and causes are described. It also describes the current methods of protection against accidents associated with power supply, and the probability of their operation during an arc fault. We also described the experimental setup we assembled for simulating low-voltage arcing, and presented the results of the experiments.*

Keywords: *electric arc, low voltage, breakdown, AFDD, fire safety, protection devices, parallel arc fault, sequential arc fault.*

BIBLIOGRAPHY

1. Guidelines for organizing the prevention of fires from electrical equipment in residential and public buildings using technical means: Guidelines. – M.: VNIPO, 2022 – 66 p.
2. NedžadHadziefendic; MiomirKostic; Zoran Radakovic (2009). Detection of series arcing in low-voltage electrical installations., 19(3), 423–432. doi:10.1002/etep.229
3. Erashova Yu. N., Ivshin I. V., Ivshin I. I., Tyurin A. N. Testing of the protection device against arcing and spark gaps for actuation. Energyproblems. - 2021. - T. 23. - No. 3. - S. 168-180. – DOI 10.30724/1998-9903-2021-23-3-168-180. – EDN KZRCME.
4. Gudozhnikov, A. S. Studying the specific characteristics of arc faults in low-voltage distribution networks / A. S. Gudozhnikov, M. P. Tibryaev, M. A. Rashevskaya // Fedorov readings - 2021: LI international scientific and practical conference with elements scientific school, Moscow, November 17–19, 2021. - Moscow: MPEI Publishing House, 2021. - P. 191-198. – EDN POJDSH.

Kuteynikov Pavel Dmitrievich
Federal State Budgetary Educational
Institution of Higher Education
National Research University
"MPEI"
student of the department of EPPE
111250, Moscow, st.
Krasnokazarmennaya, 14
Tel. +7(999) 626-36-28
E-mail: KuteynikovPD@mpei.ru

Dubinina Denis Vladimirovich
Federal State Budgetary
Educational Institution of Higher
Education National Research
University "MPEI"
student of the department of EPPE
111250, Moscow, st.
Krasnokazarmennaya, 14
Tel. +7(963) 651-82-07
E-mail: DubininDV@mpei.ru

Rashevskaya Marina Alexandrovna
Federal State Budgetary Educational
Institution of Higher Education National
Research University "MPEI"
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of
EPPE
111250, Moscow, st.
Krasnokazarmennaya, 14
Tel. +7(909) 912-02-77
E-mail: mkr@list.ru

© Д.В. Дубинин, П.Д. Кутейников, М.А. Рашевская, 2023

УДК 519.876.5

DOI:10.33979/2073-7408-2023-357-1-39-51

С.Ю. ЕРЕМОЧКИН, Д.В. ДОРОХОВ

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОДНОФАЗНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Аннотация. *В настоящее время основными потребителями электрической энергии в сельском хозяйстве являются различные электрифицированные машины и агрегаты. При этом, в электроприводе большинства сельскохозяйственных устройств малой мощности используются однофазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Существующие способы запуска однофазного двигателя имеют множество недостатков. В связи с этим, в статье предложен преобразователь частоты для запуска и работы однофазного асинхронного электродвигателя от однофазной питающей сети. Приведена принципиальная электрическая схема и алгоритм работы устройства. Разработана имитационная модель однофазного электропривода сельскохозяйственной машины с преобразователем частоты в среде компьютерного моделирования SimInTech. Проведен сравнительный анализ полученных электромеханических характеристик работы электропривода с предложенным устройством с характеристиками при конденсаторном пуске. Сделаны выводы о целесообразности применения преобразователя частоты для питания однофазного асинхронного электродвигателя сельскохозяйственных машин.*

Ключевые слова: *однофазный асинхронный электродвигатель, преобразователь частоты, векторно-алгоритмическое управление, сельскохозяйственная машина.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исаргакова, Э. В. Управление однофазным асинхронным двигателем / Э. В. Исаргакова, А. И. Ишемгузин // Инновации. Наука. Образование. – 2020. – № 21. – С. 1122-1127.
2. Мещеряков, В. Н. Система снижения пусковых токов и момента однофазного асинхронного двигателя / В. Н. Мещеряков, А. С. Белоусов // Информационные системы и технологии ист-2021: сборник материалов XXVII Международной научно-технической конференции. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2021. – С. 251-256.
3. Преобразователь частоты, ведомый однофазной сетью переменного тока, для питания однофазного асинхронного двигателя: пат. 109938 Рос.
4. Eremochkin, S. Analysis of Methods for Calculating Parameters of the Equivalent Circuit of a Squirrel Cage Induction Motor / S. Eremochkin, D. Dorokhov // 2021 18th International Scientific Technical Conference Alternating Current Electric Drives, ACED 2021 - Proceedings: 18, Ekaterinburg, 24–27 мая 2021 года. – Ekaterinburg, 2021. – P. 9462297. – DOI 10.1109/ACED50605.2021.9462297.
5. El-Kharashi E. The impact of the unbalance in both the voltage and the frequency on the performance of single and cascaded induction motors / E. El-Kharashi, J.G. Massoud, M.A. Al-Ahmar // Energy. 2019. Vol. 181. P. 561-575. DOI: 10.1016/j.energy.2019.05.169
6. Guoheng Wu. A rotary fluid power converter for improving energy efficiency of hydraulic system with variable load / Guoheng Wu, Junhong Yang, Jianzhong Shang, Delei Fang // Energy. 2020. Vol. 195. P. 116-957. DOI: 10.1016/j.energy.2020.116957
7. Ouanjli N. El. Improved DTC strategy of doubly fed induction motor using fuzzy logic controller / N. El Ouanjli, S.Motahhir, A. Derouich, A. El Ghzizal, A. Chebabhi, M. Taoussi // Energy Reports. 2019. Vol. 5. P. 271-279. DOI: 10.1016/j.egy.2019.02.001
8. Xiaolin Tang. Research on the energy control of a dual-motor hybrid vehicle during engine start-stop process / Xiaolin Tang, Dejiu Zhang, Teng Liu, Amir Khajepour, Haisheng Yu, Hong Wang // Energy. 2019. Vol. 166. P. 1181-1193. DOI: 10.1016/j.energy.2018.10.130
9. Труднев, С. Ю. Компьютерное моделирование однофазного асинхронного двигателя / С. Ю. Труднев // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2020. – № 54. – С. 29-35. – DOI 10.17217/2079-0333-2020-54-29-35.
10. Еремочкин, С. Ю. Разработка и исследование имитационной модели асинхронного электропривода с однофазным частотным регулятором скорости / С. Ю. Еремочкин, А. А. Жуков, Д. В. Дорохов // Вестник НИИЭИ. – 2021. – № 11(126). – С. 38-50. – DOI 10.24412/2227-9407-2021-11-38-50.
11. Усольцев А.А., Лукичев Д.В. Определение параметров модели асинхронного двигателя по справочным данным // Приборостроение. 2008. №10.

Еремочкин Сергей Юрьевич
ФГБОУ ВО «АлтГТУ им. И.И. Ползунова»,
г. Барнаул
Кандидат технических наук, доцент кафедры ЭиАЭП
656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, д. 46
E-mail: S.Eremochkin@yandex.ru

Дорохов Данил Валерьевич
ФГБОУ ВО "АлтГТУ им. И.И. Ползунова", г. Барнаул
Магистрант кафедры ЭиАЭП
656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, д. 46
E-mail: danil.dorokhov.2000@mail.ru

S.YU. EREMOCHKIN, D.V. DOROKHOV

CONTROL SYSTEM FOR A SINGLE-PHASE ELECTRIC DRIVE FOR LOW-POWER AGRICULTURAL MACHINES

Abstract. *Currently, the main consumers of electrical energy in agriculture are various electrified machines and units. At the same time, in the electric drive of most agricultural devices of low power, single-phase asynchronous electric motors with a squirrel-cage rotor are used. Existing methods for starting a single-phase motor have many disadvantages. In this regard, the article proposes a frequency converter for starting and operating a single-phase asynchronous electric motor from a single-phase supply network. The circuit diagram and algorithm of the device operation are given. A simulation model of a single-phase electric drive of an agricultural machine with a frequency converter has been developed in the SimInTech computer simulation environment. A comparative analysis of the obtained electromechanical characteristics of the operation of the electric drive with the proposed device with characteristics during capacitor start has been carried out. Conclusions are drawn about the feasibility of using a frequency converter to power a single-phase asynchronous electric motor of agricultural machines.*

Keywords: *single-phase asynchronous electric motor, frequency converter, vector-algorithmic control, agricultural machine.*

BIBLIOGRAPHY

1. Isargakova, E. V. Upravlenie odnofaznym asinhronnym dvigatelem / E. V. Isargakova, A. I. Ishemguzhin // Innovacii. Nauka. Obrazovanie. – 2020. – № 21. – S. 1122-1127.
2. Meshcheryakov, V. N. Sistema snizheniya puskovyh tokov i momenta odnofaznogo asinhronnogo dvigatelya / V. N. Meshcheryakov, A. S. Belousov // Informacionnye sistemy i tekhnologii ist-2021: sbornik materialov XXVII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhneskoj konferencii. – Nizhnij Novgorod: Nizhegorodskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet im. R.E. Alekseeva, 2021. – S. 251-256.

3. Preobrazovatel chastoty, vedomyj odnofaznoj setyu peremennogo toka, dlya pitaniya odnofaznogo asinhronnogo dvigatelya: pat. 109938 Ros. Federaciya. № 2011120731/07; zayavl. 23.05.2011; opubl. 27.10.2011, Byul. №30.
4. Eremochkin, S. Analysis of Methods for Calculating Parameters of the Equivalent Circuit of a Squirrel Cage Induction Motor / S. Eremochkin, D. Dorokhov // 2021 18th International Scientific Technical Conference Alternating Current Electric Drives, ACED 2021 - Proceedings: 18, Ekaterinburg, 24–27 maya 2021 goda. – Ekaterinburg, 2021. – P. 9462297. – DOI 10.1109/ACED50605.2021.9462297.
5. El-Kharashi E. The impact of the unbalance in both the voltage and the frequency on the performance of single and cascaded induction motors / E. El-Kharashi, J.G. Massoud, M.A. Al-Ahmar // Energy. 2019. Vol. 181. P. 561-575. DOI: 10.1016/j.energy.2019.05.169
6. Guoheng Wu. A rotary fluid power converter for improving energy efficiency of hydraulic system with variable load / Guoheng Wu, Junhong Yang, Jianzhong Shang, Delei Fang // Energy. 2020. Vol. 195. P. 116-957. DOI: 10.1016/j.energy.2020.116957
7. Ouanjli N. El. Improved DTC strategy of doubly fed induction motor using fuzzy logic controller / N. El Ouanjli, S.Motahir, A. Derouich, A. El Ghzizal, A. Chebabhi, M. Taoussi // Energy Reports. 2019. Vol. 5. P. 271-279. DOI: 10.1016/j.egy.2019.02.001
8. Xiaolin Tang. Research on the energy control of a dual-motor hybrid vehicle during engine start-stop process / Xiaolin Tang, Dejiu Zhang, Teng Liu, Amir Khajepour, Haisheng Yu, Hong Wang // Energy. 2019. Vol. 166. P. 1181-1193. DOI: 10.1016/j.energy.2018.10.130
9. Trudnev, S. YU. Kompyuternoe modelirovanie odnofaznogo asinhronnogo dvigatelya / S. YU. Trudnev // Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2020. – № 54. – S. 29-35. – DOI 10.17217/2079-0333-2020-54-29-35.
10. Eremochkin, S. YU. Razrabotka i issledovanie imitacionnoj modeli asinhronnogo elektroprivoda s odnofaznym chastotnym regulyatorom skorosti / S. YU. Eremochkin, A. A. Zhukov, D. V. Dorokhov // Vestnik NGIEI. – 2021. – № 11(126). – S. 38-50. – DOI 10.24412/2227-9407-2021-11-38-50.
11. Usolcev A.A., Lukichyov D.V. Opredelenie parametrov modeli asinhronnogo dvigatelya po spravocnym dannym // Priborostroenie. 2008. №10.

Eremochkin Sergey Yurievich
 Polzunov Altai State Technical University, Barnaul
 Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
 656038, Barnaul, Lenin avenue, 46
 E-mail: S.Eremochkin@yandex.ru

Dorokhov Danil Valerievich
 Polzunov Altai State Technical University, Barnaul
 Student
 656038, Barnaul, Lenin avenue, 46
 E-mail: danil.dorokhov.2000@mail.ru

© С.Ю. Еремочкин, Д.В. Дорохов, 2023

УДК 621.315.1

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-52-58

С.О. ХОМУТОВ, И.В. БЕЛИЦЫН, И.А. ПАВЛИЧЕНКО

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПАКТИРОВАННЫХ И ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОВОДОВ

Аннотация. В статье рассмотрены режимы воздушной линии электропередачи напряжением 110 кВ с использованием проводов нового поколения: компактированных и высокотемпературных. Построены графики зависимости тока в линии от мощности нагрузки для различных марок проводов. Определено значение напряжения в конце линии в зависимости от мощности нагрузки. Получена функциональная зависимость затрат на сооружение воздушной линии с учетом особенностей высокотемпературных проводов.

Ключевые слова: режим линии, провода нового поколения, максимально допустимый ток, напряжение, затраты, воздушные линии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО 56947007- 29.060.50.268-2019. Указания по проектированию ВЛ 220 кВ и выше с неизолированными проводами нового поколения: стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС»: утвержден и введен в действие Приказом ПАО «ФСК ЕЭС» от 01. 07. 2019 №200: введен впервые: дата введения 01. 07. 2019 / разработан АО «НТЦ ФСК ЕЭС», ООО «Интер ПАО - Инжиниринг». – URL: https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_56947007-29.060.50.268-2019.pdf (дата обращения 21. 09. 2022). – Текст: электронный.
2. Идельчик, В. И. Электрические системы и сети: учебник для вузов / В. И. Идельчик. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с. Текст: непосредственный.

3. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. – 720 с. – Текст: электронный, URL: <https://www.elec.ru/files/2019/12/05/gerasimenko-aa-fedin-vt-peredacha-i-raspredelenie.PDF> (дата обращения: 15.10.2022).
4. He Zhouwen, Chen Xin. and Wang Qiuling. Review of Research and Application of ACCC in China. *Electric Power Construction*. – 2010,31,(4), – 90-93p.
5. Васюра, Ю. Ф. Условие экономической целесообразности сооружения линий электропередачи с применением провода с улучшенными характеристиками / Ю. Ф. Васюра, М. А. Глазырин, Т. А. Плешкова // *Аллея науки*. – 2017. № 15. – С. 647-650. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32300033> (дата обращения: 15.10.2022). – Текст: электронный.
6. Постолатий В. М., Компактные управляемые высоковольтные линии электропередачи / В. М. Постолатий // *Проблемы региональной энергетики*. – 2019. – №42. – С. 68 – 85. – URL: https://journal.ie.asm.md/assets/files/07_13_42_2019.pdf (дата обращения: 30.10.2022). – Текст: электронный.
7. Геркусов А. А., Применение метода экономических интервалов при выборе сечения проводов с расщепленной фазой // *Научно-технические ведомости СПбГПУ*. – 2017. Т. 23. № 1. – С. 157–167. DOI: 10.18721/JEST.230115. – URL: https://engtech.spbstu.ru/userfiles/files/articles/2017/1/15_gerkusov.pdf (дата обращения: 05.11.2022). – Текст: электронный.
8. Министерство энергетики: показатель технического состояния объектов электроэнергетики (физический износ): официальный сайт. – Москва. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/11201>(дата обращения: 10.10.2022). – Текст: электронный.
9. Смекалов, В. В., Автоматизированная система контроля технического состояния основного оборудования магистральных электрических сетей / В. В. Смекалов, И. А. Назаров, А. С. Мерзляков, К.К. Романов// *Энергия единой сети*. – 2022. – №1. – С. 33 – 41. – URL: <https://www.энергия-единой-сети.рф/publications/164-1-62-2022-g/2164-avtomatizirovannaja-sistema-kontrolja-tehsostojanija-oborudovanija-lep> (дата обращения: 10.10.2022). – Текст: электронный.
10. Хомутов С.О., Белицын И.В., Котугин Е.А. Оценка показателей качества электрической энергии на основе анализа магнитного поля. – 2017. – №17. – С.33 – 37. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32545378> (дата обращения: 16.10.2022). – Текст: электронный.

Хомутов Станислав Олегович
ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный технический
университет им.
И.И. Ползунова», г. Барнаул
доктор технических наук,
профессор, зав. кафедрой
«Электроснабжения
промышленных предприятий»
656038, Барнаул, проспект
Ленина, д. 46.
Тел. (3852) 29-09-86
E-mail: homutov.so@yandex.ru

Белицын Игорь Владимирович
ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»,
г. Барнаул
Кандидат педагогических наук,
доцент кафедры
«Электроснабжения
промышленных предприятий»
656038, Барнаул, проспект Ленина,
д. 46.
Тел. (3852) 29-09-86
E-mail: b_i_w@mail.ru

Павличенко Илья Александрович
ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»,
г. Барнаул
Аспирант, ассистент кафедры
«Электроснабжения промышленных
предприятий»
656038, Барнаул, проспект Ленина,
д. 46.
Тел. (3852) 29-09-86
E-mail: pavlichenko22rus@gmail.com

S.O. KHOMUTOV, I.V. BELITSYN, I.A. PAVLICHENKO

RESEARCH OF THE OVERHEAD LINE MODE WITH THE USE OF COMPACT AND HIGH-TEMPERATURE WIRES

Abstract. *The paper considers the modes of an overhead power transmission line with a voltage of 110 kV using new generation wires: compact and high-temperature. Graphs of the dependence of the current in the line on the load power for various brands of wires are plotted. The voltage value at the end of the line is determined depending on the load power. A functional dependence of the costs for the construction of an overhead line is obtained, taking into account the characteristics of high-temperature wires.*

Keywords: *line mode, new generation wires, maximum allowable current, voltage, costs, overhead lines.*

BIBLIOGRAPHY

1. STO 56947007-29.060.50.268-2019. Guidelines for the design of overhead lines 220 kV and higher with bare wires of a new generation: organization standard of PJSC «FGC UES»: approved and put into effect by Order of PJSC «FGC UES» of 01.07.2019 No. 200: introduced for the first time: introduction date 01.07 2019 / developed by JSC NTC

«FGC UES», LLC Inter RAO - Engineering. – URL: https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_56947007-29.060.50.268-2019.pdf (Accessed 21.09.2022). – Text: electronic.

2. Idelchik, V. I. Electrical systems and networks: a textbook for universities / V. I. Idelchik. - Moscow: Energoatomizdat, 1989. - 592 p. Text: direct.

3. Transmission and distribution of electrical energy: textbook / A. A. Gerasimenko, V. T. Fedin. - Rostov-on-Don: Phoenix, 2008. - 720 p. – Text: electronic, URL: <https://www.elec.ru/files/2019/12/05/gerasimenko-aa-fedin-vt-peredacha-i-raspredelenie.PDF> (date of access: 10/15/2022).

4. He Zhouwen, Chen Xin. and Wang Qiuling. Review of Research and Application of ACCC in China. Electric Power Construction. – 2010,31,(4), – 90-93p.

5. Vasyura, Yu. F. Condition of economic feasibility of construction of power transmission lines using a wire with improved characteristics / Yu. F. Vasyura, M. A. Glazyrin, T. A. Pleshkova // Alley of Science. - 2017. No. 15. - P. 647-650. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32300033> (date of access: 10/15/2022). – Text: electronic.

6. Postolatiy V. M., The condition for the economic feasibility of constructing power lines using wires with improved characteristics / V. M. Postolatiy // Problems of regional energy. – 2019. – №42. – S. 68 – 85. – URL: https://journal.ie.asm.md/assets/files/07_13_42_2019.pdf (date of access: 30.10.2022). – Text: electronic

7. Gerkusov A. A., Application of the method of economic intervals when choosing the cross section of wires with a split phase // Scientific and technical statements of SPbSPU. – 2017. T. 23. № 1. – S. 157–167. DOI: 10.18721/JEST.230115. – URL: https://engtech.spbstu.ru/userfiles/files/articles/2017/1/15_gerkusov.pdf (date of access: 05.11.2022). – Text: electronic.

8. Ministry of Energy: indicator of the technical condition of electric power facilities (physical deterioration): official website. - Moscow. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/11201>(date of access: 10.10.2022). – Text: electronic.

9. Smekalov, V. V., Automated system for monitoring the technical condition of the main equipment of main electrical networks / V. V. Smekalov, I. A. Nazarov, A. S. Merzlyakov, K.K. Romanov// Energy of a single network. – 2022. – №1. – S. 33 – 41. – URL: <https://www.energiya-yedinoy-seti.rf/publications/164-1-62-2022-g/2164-avtomatizirovannaja-sistema-kontrolja-tehsostojaniya-oborudovaniya-lep> (date of access: 10.10.2022). – Text: electronic.

10. Khomutov S.O., Belitsyn I.V., Kotugin Ye.A. Assessment of quality indicators of electric energy based on the analysis of the magnetic field. – 2017. – №17. – S.33 – 37. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32545378> (date of access: 10/16/2022). – Text: electronic.

Khomutov Stanislav Olegovich

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Altai State Technical University named after I.I. Polzunov», Barnaul
doctor of technical sciences, professor, head. Department of «Power supply of industrial enterprises»
656038, Barnaul, Lenina avenue, 46.
Tel. (3852) 29-09-86
E-mail: homutov.so@yandex.ru

Belitsyn Igor Vladimirovich

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Altai State Technical University named after I.I. Polzunov» Barnaul
Candidate of Pedagogical Sciences, associate professor of the Department of «Power Supply of Industrial Enterprises»
656038, Barnaul, Lenina avenue, 46.
Tel. (3852) 29-09-86
E-mail: b_i_w@mail.ru

Pavlichenko Ilya Alexandrovich

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Altai State Technical University named after I.I. Polzunov», Barnaul
Postgraduate student, assistant of the department «Power supply of industrial enterprises»
656038, Barnaul, Lenina avenue, 46.
Tel. (3852) 29-09-86
E-mail: pavlichenko22rus@gmail.com

© С.О. Хомутов, И.В. Белицын, И.А. Павличенко, 2023

УДК 621.311.23

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-59-65

М.А. АБРАРОВ, И.А. АБРАРОВ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДГУ ПРИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ ОТДАЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ АПК

Аннотация. В статье предлагается способ и устройство повышающее эффективность использования дизель-генераторных установок, особенно в условиях низких температур окружающей среды.

Ключевые слова: Дизель-генераторная установка, предпусковой подогрев, тепловой аккумулятор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Габдрафиков, Ф.З. Исследование теплового аккумулятора тракторного дизеля в режиме предпускового подогрева / Ф.З. Габдрафиков, И.Г. Галиев, У.С. Галиакберов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (50). С. 109-114.

2. Шульгин, В.В. Тепловые аккумуляторы автотранспортных средств. /В.В. Шульгин //- СПб. «Изд-во Политехнического университета» - 2005. - 268 с.

3. Дружинин, П.В. Предпусковая- подготовка ДВС при технической эксплуатации машин / П.В. Дружинин, И.А. Косенков, А.А. Коричев, Е.Ю. Юрчик // Техничко-технологические проблемы сервиса - СПб, 2009., №4-С.6-12.

4. Control system for pre-start heating of a diesel engine Gabdrāfikov F., Galiakberov U., Gaysin E., Abrarov M., Gindullin V. Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. T. 13. № S11. С. 8836-8842.

5. Картошкин, А.П. Предпусковой разогрев двигателей внутреннего сгорания в условиях отрицательных температур окружающего воздуха путем использования тепловой энергии двигателя. / А.П. Картошкин, И.А. Косенков // Извест. СПб. гос. аграр. ун-та. – 2010. – №21. – С. 268-275.

6. Ложкин, В. Н. Применение тепловых аккумуляторов фазового перехода как средств повышения технико-экологических показателей двигателей пожарных автомобилей / В. Н. Ложкин, С. Ю. Богущкий // Двигателестроение. – 2009. – N 3. – С. 37-40.

7. Пат. 2576603 Российская Федерация. МПК 51 F01N 19/10. Устройство предпусковой тепловой подготовки двигателя внутреннего сгорания / Габдрафиков Ф.З, Аббаров М.А., Аббаров И.А., Галиакберов У.С. // Патент на изобретение RU 2576603 C1, 10.03.2016. Заявка № 2014150136/06 от 10.12.2014.

8. Габдрафиков, Ф.З. Энергосберегающая система предпусковой тепловой подготовки двигателя / Ф.З. Габдрафиков, У.С. Галиакберов, В.М. Гиндуллин // Сельский механизатор. 2017. № 5. С. 30-31.

9. Габдрафиков, Ф.З. Энергоэффективная система предпусковой тепловой подготовки дизеля машинно-тракторного агрегата / Ф.З. Габдрафиков, У.С. Галиакберов, В.М. Гиндуллин //Вестник НГИЭИ. 2017. № 11 (78). С. 82-91.

10. Алямовский, А.А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи / А.А. Алямовский. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. 448 с.

Абаров Марсель Альмирович
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа
Кандидат технических наук, доцент кафедры теплоэнергетики и физики
450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34
Тел. 8(937) 36-36-130
E-mail: 01marsel@mail.ru

Абаров Ильнур Альмирович
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа
Инженер, аспирант кафедры теплоэнергетики и физики
450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34
Тел. 8(937) 36-36-130
E-mail: 013klim@mail.ru

M.A. ABRAROV, I.A. ABRAROV

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE USE OF DGS IN THE POWER SUPPLY OF REMOTE OBJECTS OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Abstract. *The article proposes a method and device that increases the efficiency of using diesel generator sets, especially in conditions of low ambient temperatures.*

Keywords: *Diesel generator set, preheating, heat accumulator.*

BIBLIOGRAPHY

1. Gabdrāfikov, F.Z. Investigation of the thermal accumulator of tractor diesel in the preheating mode / F.Z. Gabdrāfikov, I.G. Galiev, U.S. Galiakberov // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2019. No. 2 (50). pp. 109-114.

2. Shulgin, V.V. Thermal accumulators of motor vehicles. / V.V. Shulgin //- St. Petersburg. "Publishing House of the Polytechnic University" - 2005. - 268 p.

3. Druzhinin, P.V. Pre-start- preparation of internal combustion engines during technical operation of machines / P.V. Druzhinin, I.A. Kosenkov, A.A. Korichev, E.Y. Yurchik // Technical and technological problems of service - St. Petersburg, 2009., No.4-pp.6-12.

4. Control system for pre-start heating of a diesel engine Gabdrāfikov F., Galiakberov U., Gaysin E., Abrarov M., Gindullin V. Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Vol. 13. No. S11. pp. 8836-8842.

5. Kartoshkin, A.P. Pre-starting heating of internal combustion engines in conditions of negative ambient temperatures by using the thermal energy of the engine. / A.P. Kartoshkin, I.A. Kosenkov // Izvestiya SPb. gos. agrar. un-ta. – 2010. – No. 21. – pp. 268-275.

6. Lozhkin, V. N. The use of phase transition thermal accumulators as means of improving the technical and environmental performance of fire truck engines / V. N. Lozhkin, S. Y. Bogutsky // Engine building. – 2009. N 3. p. 3740.

7. Pat. 2576603 Russian Federation. IPC 51 F01N 19/10. Device for pre-starting thermal preparation of an internal combustion engine / Gabdrāfikov F.Z., Abrarov M.A., Abrarov I.A., Galiakberov U.S. // Patent for invention RU 2576603 C1, 10.03.2016. Application No. 2014150136/06 dated 10.12.2014.

8. Gabdrafikov, F.Z. Energy-saving system of pre-start thermal preparation of the engine / F.Z. Gabdrafikov, U.S. Galiakberov, V.M. Gindullin // Rural mechanizer. 2017. No. 5. pp. 30-31.
9. Gabdrafikov, F.Z. Energy-efficient system of pre-start thermal preparation of diesel engine and tractor unit / F.Z. Gabdrafikov, U.S. Galiakberov, V.M. Gindullin // Bulletin of the NGIEI. 2017. No. 11 (78). pp. 82-91.
10. Alyamovsky, A.A. SolidWorks Simulation. How to solve practical problems / A.A. Alyamovsky. St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2012. 448 p.

Abrarov Marcel Almirovich

Bashkir State Agrarian University, Ufa
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of
the Department of Thermal Power Engineering and
Physics
450001, Ufa, ul. 50-letiya Oktyabrya, 34
Tel. 8(937) 36-36-130
E-mail: 01marsel@mail.ru

Abrarov Ilnur Almirovich

Bashkir State Agrarian University, Ufa
Engineer, post-graduate student of the Department of
Thermal Power Engineering and Physics
450001, Ufa, ul. 50-letiya Oktyabrya, 34
Tel. 8(937) 36-36-130
E-mail: 013klim@mail.ru

© М.А. Абраров, И.А. Абраров, 2023

УДК: 629.7.014:623.746.4

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-66-71

И.В. КОЛУБАНОВ, В.А. ЧЕРНЫШОВ, А.А. ГРЕБЕННИКОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ 10 кВ ДЛЯ АВАРИЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

Аннотация. Обоснована целесообразность использования магнитного поля воздушной линии электропередачи напряжением 10 кВ с изолированной нейтралью в качестве ориентира при управлении полетом беспилотного летательного аппарата, потерявшего связь с наземным пунктом управления. Авторами предлагается схмотехническое решение и описывается специфика его функционирования.

Ключевые слова: мониторинг воздушной линии электропередачи 10 кВ с изолированной нейтралью; беспилотный летательный аппарат; магнитное поле; аварийное пилотирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зубричев, Н. В. Беспилотные летательные аппараты: понятия, классификация, преимущества, способы применения в современной жизни / Н. В. Зубричев // Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения: сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. В 2 ч., Пенза, 20 мая 2019 года. Том Часть 1. – Пенза: "Наука и Просвещение", 2019. – С. 75-78
2. Запасной, А.С. Применение тепловизионной съемки с БПЛА для контроля популяции диких животных / А.С. Запасной, А.С. Мироньчев, С.Н. Воробьев, А.В. Клюков // Известия высших учебных заведений. Физика. 2015. Т.58. № 8-2. С.42-44.
3. Рыбцов В.А. Верховой осмотр воздушных линий электропередач с использованием квадрокоптера / В.А. Рыбцов, Р.А. Осипенко // Экономика и социум. – 2018. – № 5 (48). – С. 1034
4. Байков, И.А. Применение дистанционных методов при обследовании воздушных линий электропередачи / И.А. Байков, П.В. Голубев, Ю.А. Сизых // Электроэнергия. Передача и распределение, №1(34). – 2016. – С. 54-57.
5. Беляев, П. В. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов при контроле и диагностике объектов энергетики / П. В. Беляев, А. П. Головский, Д. С. Садаев // Динамика систем, механизмов и машин, 2019, Том 7, №2. – 2019. – С.10-18
6. Чернышов, В.А., Способ управления беспилотным летательным аппаратом, осуществляющим мониторинг технического состояния ВЛ 6-10 кВ при потере радиосвязи с наземным пунктом управления / В.А. Чернышов, А.Е. Семенов, Е.А. Печегин // Вернадский: Устойчивое развитие регионов: материалы Международной научно-практической конф. В 5Т. Т.4. (Тамбов, 7-9 июня 2016 г.). Изд-во ФГБОУ ВО ТГТУ. – 2016. – С. 247-251.
7. Анхимюк, В. Л. Проектирование систем автоматического управления электроприводами / В.Л. Анхимюк, О.П. Ильин. – Мн., «Высш. школа», 1971. – 336 с.
8. Официальный сайт ПАО «Россети» [Электронный ресурс]. <https://rosseti.ru> (дата обращения: 31.10.2022).

9. Грядунов, Д. А. О выборе беспилотных авиационных систем для аэродиагностики воздушных ЛЭП / Д.А. Грядунов, Р.Р. Барков // Вести в электроэнергетике, №5. – 2017. – С. 64-73.
10. ГОСТ Р 50369-92. Электроприводы. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1993. – 16 с.
11. Арбузов, Р.С. Современные методы диагностики воздушных линий электропередачи / Р.С. Арбузов, А.Г. Овсянников. – Новосибирск: Наука, 2009. – 135 с.

Колубанов Игорь Васильевич
Филиала ПАО «Россети Центр»
«Орелэнерго»
и.о. заместителя генерального
директора – директора филиала
302030, г. Орёл, г. Орел, пл.
Мира, д.2
тел. (4862) 55-08-39
E-mail: orelenergo@mrsk-1.ru

Чернышов Вадим Алексеевич
ФГБОУ ВО "ОГУ им. И.С.
Тургенева"
кандидат технических наук,
доцент кафедры
электрооборудования и
энергосбережения,
302020, г. Орел, Наугорское
шоссе, д. 29
Тел. 8 (4862) 41- 98 -30
E-mail: blackseam78@mail.ru

Гребенников Андрей Александрович
ФГБОУ ВО "ОГУ им. И.С. Тургенева"
магистрант 2 курса, направление
подготовки 13.04.02 "Электроэнергетика
и электротехника"
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, д. 29
Тел. 8 (4862) 41- 98 -30
E-mail:
Andreyka.grebennikov.2000@mail.ru

I.V. KOLUBANOV, V.A. CHERNYSHOV, A.A. GREBENNIKOV

USE OF THE MAGNETIC FIELD OF 10 kV OVERHEAD POWER LINE FOR EMERGENCY CONTROL OF UNMANNED AIRCRAFT

Abstract. *The expediency of using the magnetic field of an overhead power line with a voltage of 10 kV with an isolated neutral as a reference point in the flight control of an unmanned aerial vehicle that has lost contact with the ground control point is substantiated. The authors propose a circuit solution and describe the specifics of its operation.*

Keywords: *monitoring of overhead transmission line 10 kV with isolated neutral; unmanned aerial vehicle; a magnetic field; emergency piloting.*

BIBLIOGRAPHY

1. Zubrichev, N. V. Unmanned aerial vehicles: concepts, classification, advantages, methods of application in modern life / N. V. Zubrichev // Science and innovation in the XXI century: topical issues, discoveries and achievements: collection of articles of the XIII International Scientific -practical conference. At 2 p.m., Penza, May 20, 2019. Volume Part 1. - Penza: "Science and Education", 2019. – P. 75-78
2. Spare, A.S. The use of thermal imaging from UAVs to control the population of wild animals / A.S. Spasnoy, A.S. Mironchev, S.N. Vorobyov, A.V. Klyukov // News of higher educational institutions. Physics. 2015. V.58. No. 8-2. pp.42-44.
3. Rybtsov, V.A. Horse inspection of overhead power lines using a quadrocopter / V.A. Rybtsov, R.A. Osipenko // Economy and society. – 2018. – No. 5 (48). – S. 1034
4. Baykov, I.A., Application of remote methods in the inspection of overhead power lines / I.A. Baikov, P.V. Golubev, Yu.A. Sizykh // Electricity. Transmission and distribution, No. 1(34). – 2016. – S. 54-57.
5. Belyaev, P. V. Prospects for the use of unmanned aerial vehicles in the control and diagnostics of energy facilities / P. V. Belyaev, A. P. Golovsky, D. S. Sadaev // Dynamics of systems, mechanisms and machines, 2019, Volume 7, No. 2. – 2019. – P.10-18
6. Chernyshov, V.A., A method for controlling an unmanned aerial vehicle that monitors the technical condition of a 6-10 kV overhead line in the event of a loss of radio communication with a ground control station / V.A. Chernyshov, A.E. Semenov, E.A. Pechagin // Vernadsky: Sustainable Development of Regions: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. V 5 T. T. 4. (Tambov, June 7-9, 2016). Publishing House of FGBOU VO TSTU. – 2016. – S. 247-251.
7. Anhimyuk, V. L. Design of automatic control systems for electric drives / V.L. Anhimyuk, O.P. Ilyin. - Mn., "Higher. School", 1971. – 336 p.
8. Official website of PJSC Rosseti [Electronic resource]. <https://rosseti.ru> (date of access: 31.10.2022).
9. Gryadunov, D.A. On the choice of unmanned aerial systems for aerodiagnostics of overhead power lines / D.A. Gryadunov, R.R. Barkov // News in the electric power industry, No. 5. – 2017. – S. 64-73.
10. ГОСТ R 50369-92. Electric drives. Terms and Definitions. М.: Publishing house of standards, 1993. – 16 p.
11. Arbuzov, R.S. Modern methods for diagnosing overhead power lines / R.S. Arbuzov, A.G. Ovsyannikov. - Novosibirsk: Nauka, 2009. – 135 p.

Kolubanov Igor Vasilievich
Branch of PJSC "Rosseti
Center" "Orelenergo"
and about. Deputy General
Director - Branch Director
302030, Orel, Orel, pl. Mira,
d.2
tel. (4862) 55-08-39
E-mail: orelenergo@mrsk-1.ru

Chernyshov Vadim Alekseevich
FGBOU VO "OGU named after
I.S. Turgenev"
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the
Department of Electrical
Equipment and Energy Saving,
302020, Orel, Naugorskoeshosse,
29
tel. 8 (4862) 41- 98- 30
E-mail: blackseam78@mail.ru

Grebennikov Andrey Aleksandrovich
FGBOU VO "OGU named after I.S.
Turgenev"
2nd year masters student, field of study
13.04.02 "Electric power industry and
electrical engineering"
302020, Orel, Naugorskoeshosse, 29
tel. 8 (4862) 41- 98- 30
E-mail:
Andreyka.grebennikov.2000@mail.ru

© И.В. Колубанов, В.А. Чернышов, А.А. Гребенников, 2023

УДК 621.365.55

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-72-77

А.Н. КАЧАНОВ, В.А. ГРИШИН

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ТЕПЛООВОГО ПОЛЕЙ ПРИ СУШКЕ ДРЕВЕСИНЫ В ВАКУУМНО-ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ

Аннотация. В статье приведены результаты исследований распределения основных параметров электромагнитного и теплового полей в системе «Вакуумно-диэлектрическая камера - рабочие электроды - штабель древесины», полученные с использованием программной среды ELCUT. Программа позволила проанализировать закономерности распределения основных параметров электромагнитного и теплового полей в штабеле нагреваемой древесины с учетом её электрофизических свойств, породы и геометрических размеров штабеля. Выявлены зоны в рабочем пространстве исследуемой системы, где наблюдаются максимальное проявление краевого эффекта, а предложено техническое решение, направленное на минимизацию данного эффекта.

Ключевые слова: напряженность электрического поля, температурное поле, вакуумно-диэлектрическая камера, рабочие электроды, штабель древесины, программная среда ELCUT, электрофизические свойства древесины, краевой эффект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяконов, К. Ф. Сушка древесины токами высокой частоты / К. Ф. Дьяконов, А. А. Горяев. – М.: «Лесная промышленность», 1981. – 168 с.
2. Нетушил, А. В. Высокочастотный нагрев диэлектриков и полупроводников / А. В. Нетушил, Б. Я. Жуховицкий, В. Н. Кудин, Е. П. Парини. – М.: Гоэнергоиздат, 1958. – 481 с.
3. Petrescu, C. Modeling of dielectric heating in radio-frequency applicator optimized for uniform temperature by means of genetic algorithms / C. Petrescu, L. Ferariu // International Scholarly and Scientific Research & Innovation. – 2008. – № 2(11). – P. 3668-3673.
4. Качанов, А. Н. Описание электромагнитного поля в плоском конденсаторе при высокочастотном нагреве длинномерных диэлектриков / А. Н. Качанов, Д. А. Коренков // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 10(121). – С. 137 – 143.
5. ELCUT. Моделирование двумерных полей методом конечных элементов. Версия 5.1: Руководство пользователя. – СПб.: ООО «Тор», 2012. – 356 с.
6. Физические методы испытаний древесины / А. Н. Чубинский, А. А. Тамби, Г. С. Варанкина, А. А. Федяев, М. А. Чубинский, В. Л. Швец, К. В. Чаузов. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 125 с.
7. Уголев, Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: Учебник / Б. Н. Уголев. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. – 351 с.
8. Княжевская, Г. С. Высокочастотный нагрев диэлектрических материалов / Г. С. Княжевская, М. Г. Фирсова, Р. Ш. Килькеев; под ред. А. Н. Шамова. – 2 - е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1989. – 64 с.
9. Качанов, А.Н. Повышение качества сушки на ПМО «Арай» / А. Н. Качанов, М.Н. Чукумов // В кн.: Проблемы комплексного развития регионов Казахстана. Материалы международной научно-практической конференции. Часть 1. Алматы, КазгосИНТИ. 1996, с. 131 – 134
10. Качанов, А.Н. Оценка энергоэффективности вакуумно-диэлектрического способа сушки древесины / А. Н. Качанов, Д. А. Коренков // Энерго- и ресурсосбережение – XXI век.: Сборник материалов XI-ой международной научно-практической интернет-конференции / Под. ред. В.А. Голенкова, А.Н. Качанова, Ю.С. Степанова. – Оrel: Госуниверситет-УНПК, 2013., с. 126-129
11. Kachanov, A.N. Analysis of factors influencing the parameters of the electromagnetic field in wood during HF drying / A.N. Kachanov, D.A. Korenkov. // Analysis of factors influencing the parameters of the electromagnetic field in wood during HF drying [Электронный ресурс] // 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 2017. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8076423/>

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. 8 (4862) 41- 98-53
E-mail: kan@ostu.ru

Гришин Владимир Александрович
ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева»
студент группы 21 ЭЭ-м
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29.
тел. 8 (4862) 41- 98-30
E-mail: grishin29052000@yandex.ru

A.N. KACHANOV, V.A. GRISHIN

INVESTIGATION OF THE ELECTRIC AND THERMAL FIELDS DURING DRYING WOOD IN A VACUUM-DIELECTRIC CHAMBER

Abstract. *The article presents the results of studies of the distribution of the main parameters of electromagnetic and thermal fields in the system "Vacuum-dielectric chamber - working electrodes - wood stack", obtained using the ELCUT software environment. The program made it possible to analyze the patterns of distribution of the main parameters of electromagnetic and thermal fields in a stack of heated wood, taking into account its electrical properties, species and geometric dimensions of the stack. The zones in the working space of the system under study, where the maximum manifestation of the edge effect is observed, are identified, and a technical solution is proposed aimed at minimizing this effect.*

Keywords: *electric field strength, temperature field, vacuum-dielectric chamber, working electrodes, wood stack, ELCUT software environment, electrical properties of wood, edge effect.*

BIBLIOGRAPHY

1. Dyakonov, K. F. Drying wood with high-frequency currents / K. F. Dyakonov, A. A. Goryaev. - M.: "Forest Industry", 1981. - 168 p.
2. Netushil, A. V. High-frequency heating of dielectrics and semiconductors / A. V. Netushil, B. Ya. Zhukhovitsky, V. N. Kudin, E. P. Parini. - M.: Goenergoizdat, 1958. - 481 p.
3. Petrescu, C. Modeling of dielectric heating in radio-frequency applicator optimized for uniform temperature by means of genetic algorithms / C. Petrescu, L. Ferariu // International Scholarly and Scientific Research & Innovation. - 2008. - No. 2 (11). - P. 3668-3673.
4. Kachanov, A. N., Korenkov, D. A. Description of the electromagnetic field in a flat capacitor at high-frequency heating of long dielectrics // VestnikKrasGAU. - 2016. - No. 10(121). - S. 137 - 143.
5. ELCUT. Modeling of two-dimensional fields by the finite element method. Version 5.1: Users Guide. - St. Petersburg: Tor LLC, 2012. - 356 p.
6. Physical methods of wood testing / A. N. Chubinsky, A. A. Tambi, G. S. Varankina, A. A. Fedyaev, M. A. Chubinsky, V. L. Shvets, K. V. Chauzov. - SPb.: SPbGLTU, 2015. - 125 p.
7. Ugolev, B. N. Wood science with the basics of forest commodity science: Textbook / B. N. Ugolev. - M.: GOU VPO MGUL, 2007. - 351 p.
8. Knyazhevskaya, G. S., Firsova, M. G., and Kilkeev, R. Sh. High-frequency heating of dielectric materials; ed. A. N. Shamova. - 2nd ed., revised, and additional - L.: Mechanical engineering, Leningrad. department, 1989. - 64 p.
9. Kachanov, A.N. Improving the quality of drying at the PMO "Aray" / A.N. Kachanov, M.N. Chukumov // In the book: Problems of the integrated development of the regions of Kazakhstan. Materials of the international scientific-practical conference. Part 1. Almaty, KazgosINTI. 1996, p. 131-134
10. Kachanov, A.N. Evaluation of the energy efficiency of the vacuum-dielectric method of wood drying / A. N. Kachanov, D. A. Korenkov // Energy and resource saving — XXI century: Collection of materials of the XI-th international scientific and practical Internet conference / Ed. ed. V.A. Golenkova, A.N. Kachanova, Yu.S. Stepanova. - Eagle: State University-UNPK, 2013., p. 126-129
11. Kachanov, A.N. Analysis of factors influencing the parameters of the electromagnetic field in wood during HF drying/A.N.Kachanov, D.A. Korenkov.// Analysis of factors influencing the parameters of the electromagnetic field in wood during HF drying [Электронный ресурс] // 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 2017. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8076423/>

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
302020, Orel, Naugorskoeshosse, 29
tel. 8 (4862) 41 98 53
E-mail: kan@ostu.ru

Grishin Vladimir Aleksandrovich
FGBOU VO "OSU named after I.S. Turgenev"
student of group 21 EE-m
302020, Orel, Naugorskoeshosse, 29
tel. 8 (4862) XX – XX – XX.
E-mail: grishin29052000@yandex.ru

МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА, ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ

УДК 62-251

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-78-83

А.А. ХАЛЯВКИН, В.А. ГОРДОН, М.В. СТАРКОВА, В.В. БОНДАРЕНКО

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УПРУГИХ СВОЙСТВ КАПРОЛОНОВЫХ ДЕЙДУДНЫХ ПОДШИПНИКОВ НА УГОЛ КОНТАКТА С ГРЕБНЫМ ВАЛОМ

Аннотация. В данной работе рассматривается валопровод, который является частью двигательной системы судна. Отмечается, что условием надежности судового валопровода является рабочее состояние его дейдвудных подшипников. Отмечается, что одними из распространенных материалов, которые используются для изготовления дейдвудных подшипников, являются резина и капролон. Указывается, что сам капролон представляет собой высокомолекулярный поликапроамид, получаемый методом щелочной полимеризации – капролактама непосредственно в форме для заготовки изделия. В работе исследуется определение коэффициента жесткости дейдвудного подшипника с учетом износа и упругих свойств самих втулок дейдвудных подшипников. Полученное выражение определения коэффициента жесткости характеризует также форму контакта валопровода с втулкой подшипника. Проведен сравнительный анализ влияния рассматриваемых параметров дейдвудных подшипников на численное значение коэффициента жесткости.

Ключевые слова: *судовой валопровод, резина, капролон, дейдвудный подшипник, коэффициент жесткости, зазор, надежность, ресурс.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балацкий Л.Т. Эксплуатация и ремонт дейдвудных устройств морских судов / Л.Т. Балацкий, Т.Н., Бегагоен.- М.: Транспорт, 1975. – 160 с.
2. Бабанин В.Ф. Новый антифрикционный материал для вкладышей подшипников / В.Ф. Бабанин, М.Б. Рубин, А.В. Орехов, В.Е. Бахарева и др. // Матер. Всесоюз. науч.-техн. конф. «Проблемы повышения надежности судовых валопроводов» ВНТО им. акад. А.Н. Крылова. - Л.: Судостроение, 1988. - С. 63-64.
3. Виноградов С.С. Износ и надёжность винто-рулевого комплекса судов / С.С. Виноградов, П.И. Гавриш.- М.: Транспорт, 1970.- 232 с.
4. Жуков В.В. Расчет долговечности металлополимерных подшипников скольжения / В.В. Жуков, Л.И. Кустов // Вестник машиностроения, 1969. № 8. - С. 36 - 38.
5. Кельзон А.С. Оптимизация укладки судовых валопроводов / А.С. Кельзон, Н.В. Январев, В.Г. Мурамович // Судостроение, № 5 1993 г.– С. 15-16.
6. ОСТ 5.4183-76. Подшипники гребных и дейдвудных валов капролоновые. Общие технические условия. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nd.gostinfo.ru/document/3545086.aspx> (дата обращения: 12.01.2023).
7. Плотников В.Ф. Подшипники из полиамидов / В.Ф. Платонов. – М.: Машгиз, 1961. – 111 с.
8. Раевский А.Н. Полиамидные подшипники (расчет и проектирование) / А.Н. Раевский. – М.: Машиностроение, 1967. – 139 с.
9. РТМ 31.5004-75. Подшипники скольжения гребных валов из неметаллических материалов. Технико-эксплуатационные требования к материалам, изготовлению и эксплуатации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200001411> (дата обращения: 12.10.2020).
10. РТМ 31.5034-78. Подшипники гребных и дейдвудных валов капролоновые. Технологические требования к изготовлению и монтажу при судоремонте (с Изменением). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200001411> (дата обращения: 12.10.2020).
11. Халывкин А.А. Влияние коэффициента жесткости капролона на частоту собственных колебаний валопроводов судов / А.А. Халывкин, В.А. Мамонтов, М.П. Комаров // Вестник АГТУ, серия «Морская техника и технология». – 2012.- №2.- С. 45-50.
12. Халывкин А. А. Оценка влияния упругих свойств подшипников скольжения дейдвудного устройства судна на значение коэффициента жесткости / А.А. Халывкин, С.А. Макеев, Д.В. Лошадкин, В.А. Мамонтов, Али Саламех, Д.О. Шацков, А.Я. Ауслендер // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2020. № 1. С. 83–93. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-1-83-93.

Халявкин Алексей Александрович
КИМРТ им. ген.-адм. Ф.М. Апраксина – филиал
ФГБОУ ВО «ВГУВТ», кандидат технических наук,
доцент кафедры судомеханических дисциплин
414024, г. Астрахань, ул. Б.Хмельницкого, д.3
Тел.+79170846082
E-mail: sopromat112@mail.ru.

Старкова Мария Владимировна
ООО НТО «Альвис», кандидат биологических наук,
научный сотрудник
300002, г. Тула, ул. Октябрьская, д. 48
Тел. +79101570533
E-mail: alvis@kaprolon-alvis.ru

Гордон Владимир Александрович
Орловский государственный университет имени
И.С. Тургенева, доктор технических наук, профессор
кафедры технической физики и математики
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95
Тел. +7(4862) 41-98-48
E-mail: gordon@ostu.ru

Бондаренко Виктор Валентинович
ООО «Река 21», главный инженер
142211, Московская обл. г. Серпухов, Московское
шоссе 84А
Тел. +79255456491
E-mail: reka21@mail.ru

A.A. KHALYAVKIN, V.A. GORDON, M.V. STARKOVA, V.V. BONDARENKO

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE ELASTIC PROPERTIES OF CAPROLONE STUDE BEARINGS ON THE ANGLE OF CONTACT WITH THE PROPELLER SHAFT

Abstract. *In this paper, the shafting is considered, which is part of the propulsion system of the vessel. It is noted that the condition for the reliability of a ships shafting is the working condition of its stern tube bearings. It is noted that one of the common materials used for the manufacture of stern tube bearings is rubber and caprolon. It is indicated that caprolon itself is a high molecular weight polycapromamide obtained by alkaline polymerization - caprolactam directly in the mold for the product blank. The paper investigates the determination of the coefficient of rigidity of the stern tube bearing, taking into account the wear and elastic properties of the bushings of the stern tube bearings themselves. The obtained expression for determining the stiffness coefficient also characterizes the form of contact between the shafting and the bearing sleeve. A comparative analysis of the influence of the considered parameters of stern tube bearings on the numerical value of the stiffness coefficient is carried out.*

Keywords: *ship shafting, rubber, caprolon, stern tube bearing, stiffness coefficient, clearance, reliability, service life.*

BIBLIOGRAPHY

1. Balatsky L.T. Operation and repair of deadwood devices of marine vessels / L.T. Balatsky, T.N., Begagoen.- M.: Transport, 1975. – 160 p.
2. Babanin V.F. New antifriction material for bearing liners / V.F. Babanin, M.B. Rubin, A.B. Orekhov, V.E. Bakhareva et al. // Mater. All-Union. sci.-tech. conf. "Problems of increasing the reliability of ship shaft pipelines" VNTU named after Academician A.N. Krylov. - L.: Shipbuilding, 1988. - pp. 63-64.
3. Vinogradov S.S. Wear and reliability of the screw-steering complex of ships / S.S. Vinogradov, P.I. Gavrish.- M.: Transport, 1970.- 232 p.
4. Zhukov V.V. Calculation of durability of metal-polymer sliding bearings / V.V. Zhukov, L.I. Kustov // Bulletin of Mechanical Engineering, 1969. No. 8. - pp. 36-38.
5. Kelzon A.S. Optimization of laying of ship shaft pipelines / A.S. Kelzon, N.V. Janvarev, V.G. Muramovich // Shipbuilding, No. 5, 1993, pp. 15-16.
6. OST 5.4183-76. The bearings of the propeller and deadwood shafts are nylon. General technical conditions. [electronic resource]. Access mode: <https://nd.gostinfo.ru/document/3545086.aspx> (date of circulation: 12.01.2023).
7. Plotnikov V.F. Bearings made of polyamides / V.F. Platonov. – M.: Mashgiz, 1961. – 111 p.
8. Raevsky A.N. Polyamide bearings (calculation and design) / A.N. Raevsky. – M.: Mashinostroenie, 1967. – 139 p.
9. RTM 31.5004-75. The sliding bearings of the propeller shafts are made of non-metallic materials. Technical and operational requirements for materials, manufacture and operation. [electronic resource]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/1200001411> (accessed date: 12.10.2020).
10. PTM 31.5034-78. The bearings of the propeller and deadwood shafts are nylon. Technological requirements for manufacturing and installation during ship repair (with Changes). [electronic resource]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/1200001411> (accessed date: 12.10.2020).
11. Khalyavkin A.A. The influence of the caprolon stiffness coefficient on the frequency of natural oscillations of ship shaft lines / A.A. Khalyavkin, V.A. Mamontov, M.P. Komarov // Bulletin of the AGTU, series "Marine engineering and technology". - 2012.- No.2.- pp. 45-50.
12. Khalyavkin A. A. Assessment of the influence of the elastic properties of the sliding bearings of the vessels deadwood device on the value of the stiffness coefficient / A.A. Khalyavkin, S.A. Makeev, D.V. Horoshkin, V.A. Mamontov, Ali Salameh, D.O. Shatskov, A.Ya. Auslander // Bulletin of the Astrakhan state Technical university. Series: MarineEngineeringandTechnology. 2020. No. 1. pp. 83-93. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-1-83-93.

KIMRT named after Gen.-Adm. F.M. Apraksin - branch of the FSUE VO "VGUVT", Cand. tech. sciences; Associate Professor of the Department of Ship mechanical Disciplines
Tel. +79170846082
E-mail: sopromat112@mail.ru

Oryol State University named after I.S. Turgenev Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Physics and Mathematics
302026, Oryol, st. Komsomolskaya, d.95
Tel.+7(4862)41-98-48
E-mail: gordon@ostu.ru

Starkova Maria Vladimirovna
LLC NTO "Alvis", candidate of biological sciences, researcher
300002, Tula, Oktyabrskaya str., 48
Tel. +79101570533
E-mail:alvis@kaprolon-alvis.ru

Bondarenko Viktor Valentinovich
LLC "River 21", Chief Engineer.
142211, Moscow region, Serpukhov, Moskovskoe Highway 84A.
Tel. +79255456491
E-mail: reka21@mail.ru.

© А.А. Халявкин, В.А. Гордон, М.В. Старкова, В.В. Бондаренко, 2023

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ **И ОБОРУДОВАНИЕ**

УДК 621.7.01

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-84-93

С.М. БРАТАН, А.О. ХАРЧЕНКО, Д.А. ЛЫСЕНКО

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОПЕРАЦИЯХ КРУГЛОГО НАРУЖНОГО ШЛИФОВАНИЯ С ПОЗИЦИЙ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Аннотация. В статье с позиций системного анализа операция шлифования рассмотрена как динамическая система, выявлены причины нестабильного функционирования технологических систем абразивной обработки на примере операции круглого наружного шлифования. Выделены и рассмотрены главные подсистемы: «Процесс резания», «Технологическая система» и «Внешняя среда». В статье приведено описание наборов входов и выходов для всех подсистем. Дано формализованное представление поведения технологического процесса круглого наружного шлифования. В ходе анализа установлено, что стабильность параметров качества поверхностей при чистовом и тонком шлифовании зависит от изменения фактической глубины микрорезания, которая является динамическим звеном между режимами резания и качеством обработанной поверхности. Приведен аналитический вывод уравнения, характеризующего баланс перемещений в технологической системе операции круглого наружного шлифования. Показано, что при шлифовании величина поперечной подачи расходуется на сумму приращений упругих и температурных эффектов, текущий радиальный износ инструмента, предшествующий радиальный съём материала и приращение фактической глубины резания. Для решения уравнения баланса перемещений необходимы конкретные модели всех параметров, входящих в его состав. Полученные модели позволят построить методику расчета граничных циклов. Для решения этой задачи также необходимо сформировать технические ограничения и выбрать критерий оптимизации. Для дальнейшего совершенствования алгоритмов управления процессом необходимо применение систем с обратной связью, позволяющих осуществлять непрерывную оценку параметров состояния технологической системы в реальном масштабе времени оптимальным образом, а на основе этой оценки формировать управляющие воздействия, стабилизирующие обработку граничных траекторий.

Ключевые слова: стабильность, параметры качества, шлифование, системный анализ, возмущения, системы с обратной связью, граничные циклы, баланс перемещений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов Ю.Н. Теория технических систем: учебник / Ю.Н. Кузнецов, Ю.К. Новоселов, И.В. Луцив. – Севастополь: СевНТУ, 2010. – 252 с.
2. Проников А.С. Точность и надежность станков с числовым программным управлением / А.С. Проников. – М.: Машиностроение, 1982. – 246 с.
3. Королев А.В. Исследование процессов образования поверхностей инструмента и детали при абразивной обработке / А.В. Королев // Саратов: 1975. – 189 с.
4. Новоселов Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке / Ю.К. Новоселов // Севастополь: изд-во СевНТУ, 2012. – 304 с.
5. Bratan S.M. Quality improvement of manufacturing rolling mill rolls/ S.I. Roshchupkin, A.O. Kharchenko, S.V. Belousov.// CIS Iron and Steel Review, 2021, 22, pp. 26–31.
6. Bratan S. Improvement of quality of details at round grinding in the conditions of a floating workshop / Sergey Bratan, Ekaterina Vladetskaya, Aleksander Kharchenko // MATEC Web Conf. Volume 129, 2017. DOI: 10.1051/mateconf/201712901083.

7. Братан С.М. Синтез стохастического наблюдателя Льюнбергера для оценивания состояния операции шлифования / С.М. Братан, А.О. Харченко, Е.А. Владецкая, С.И. Рошупкин // Вестник современных технологий. – Севастополь: СевГУ, 2018. – Вып.2(10). – С.9–14.

8. Хекерт Е.В. Влияние внешних факторов на технологическую систему высокоточного станка в условиях плавучих мастерских / Е.В. Хекерт, Е.А. Владецкая, С.М. Братан, А.О. Харченко // Морские интеллектуальные технологии. – № 2(52), том 4, 2021. – С. 33-37. DOI: 10.37220/MIT.2021.52.2.066.

9. Харченко А.О. Исследование процесса шлифования с учетом вибрационных воздействий на станок в условиях плавучей мастерской / А.О. Харченко, С.М. Братан, Е.А. Владецкая // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орел: ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», 2018. №4–1 (330). – С.102–112.

10. Братан С.М. Моделирование процесса финишной обработки с учетом воздействий окружающей среды на технологическую систему через основание плавучей мастерской / С.М. Братан, А.О. Харченко, Е.А. Владецкая // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орел: ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», 2018. №4–2 (330). – С.179–186.

Братан Сергей Михайлович
ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет»,
г. Севастополь
Доктор технических наук,
профессор, заведующий
кафедрой «Технология
машиностроения»
299053, г. Севастополь, ул.
Университетская, 33
Тел. 54-05-57
E-mail: serg.bratan@gmail.com

Харченко Александр Олегович
ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет»,
г. Севастополь
Кандидат технических наук,
профессор кафедры «Технология
машиностроения»
299053, г. Севастополь, ул.
Университетская, 33
Тел. 54-05-57
E-mail: khao@list.ru

Лысенко Дмитрий Анатольевич
ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет»,
г. Севастополь
Соискатель кафедры «Технология
машиностроения»
299053, г. Севастополь, ул.
Университетская, 33
Тел. 54-05-57
E-mail: sevstop@mail.ru

S.M. BRATAN, A.O. KHARCHENKO, D.A. LYSENKO

ENSURING THE STABILITY OF SURFACE TREATMENT IN ROUND EXTERNAL GRINDING OPERATIONS FROM THE STANDPOINT OF SYSTEM ANALYSIS

Abstract. *In the article, from the standpoint of system analysis, the grinding operation is considered as a dynamic system, the reasons for the unstable functioning of technological systems of abrasive processing are identified using the example of an external circular grinding operation. The main subsystems are singled out and considered: "Cutting process", "Technological system" and "Environment". The article describes the sets of inputs and outputs for all subsystems A formalized representation of the behavior of the technological process of circular external grinding is given. In the course of the analysis, it was found that the stability of surface quality parameters during fine and fine grinding depends on changes in the actual depth of microcutting, which is a dynamic link between cutting conditions and the quality of the machined surface. An analytical derivation of the equation characterizing the balance of displacements in the technological system of the operation of circular external grinding is given. It is shown that during grinding, the value of the transverse feed is spent on the sum of the increments of elastic and thermal effects, the current radial wear of the tool, the previous radial material removal and the increment of the actual depth of cut. To solve the displacement balance equation, specific models of all the parameters included in it are needed. The resulting models will make it possible to construct a method for calculating boundary cycles. To solve this problem, it is also necessary to form technical constraints and select an optimization criterion. For further improvement of process control algorithms, it is necessary to use feedback systems, that allow continuous assessment of the parameters of the state of the technological system in real time in an optimal way, and on the basis of this assessment, form control actions that stabilize the development of boundary trajectories.*

Keywords: *stability, quality parameters, grinding, system analysis, disturbances, feedback systems, boundary cycles, displacement balance.*

BIBLIOGRAPHY

1. Kuznetsov YU.N. Teoriya tekhnicheskikh sistem (*Theory of technical systems*) / YU.N. Kuznetsov, YU.K. Novoselov, I.V. Lutsiv. – Sevastopol: SevNTU, 2010. – 252 s.
2. Pronikov A.S. Tochnost i nadezhnost stankov s chislovym programmnyim upravleniyem (*Accuracy and reliability of machine tools with numerical control*) / A.S. Pronikov. – M.: Mashinostroyeniye, 1982. – 246 s.
3. Korolev A.V. Issledovaniye protsessov obrazovaniya poverkhnostey instrumenta i detali pri abrazivnoy obrabotke (*Investigation of the processes of formation of tool surfaces and parts during abrasive processing*) / A.V. Korolev // Saratov: 1975. – 189 s.
4. Novoselov Yu.K. Dinamika formoobrazovaniya poverkhnostey pri abrazivnoy obrabotke (*Dynamics of surface shaping during abrasive processing*) / Yu.K. Novoselov. – Sevastopol: Izd-vo SevNTU, 2012. – 304 s.

5. Bratan S.M. Quality improvement of manufacturing rolling mill rolls/ S.I. Roshchupkin, A.O. Kharchenko, S.V. Belousov.//CIS Iron and Steel Review, 2021, 22, pp. 26–31.
6. Bratan S. Improvement of quality of details at round grinding in the conditions of a floating workshop / Sergey Bratan, Ekaterina Vladetskaya, Aleksander Kharchenko // MATEC Web Conf. Volume 129, 2017. DOI: 10.1051/mateconf/201712901083.
7. Bratan S.M. Sintez stokhasticheskogo nablyudatelya Lyunbergera dlya otsenivaniya sostoyaniya operatsii shlifovaniya (*Synthesis of the stochastic observer of Lunberger for estimating the state of the grinding operation*) / S.M. Bratan, A.O. Kharchenko, Ye.A. Vladetskaya, S.I. Roshchupkin // Vestnik sovremennykh tekhnologiy. – Sevastopol: SevGU, 2018. – Vyp. 2(10). – S.9–14.
8. Khekert Ye.V. Vliyaniye vneshnikh faktorov na tekhnologicheskuyu sistemu vysokotochnogo stanka v usloviyakh plavuchikh masterskikh (*Influence of external factors on the technological system of a high-precision machine tool in the conditions of floating workshops*) / Ye.V. Khekert, Ye.A. Vladetskaya, S.M. Bratan, A.O. Kharchenko // Morskiye intellektualnyye tekhnologii. – № 2(52), tom 4, 2021. – S. 33-37. DOI: 10.37220/MIT.2021.52.2.066.
9. Kharchenko A.O. Issledovaniye protsessa shlifovaniya s uchetom vibratsionnykh vozdeystviy na stanok v usloviyakh plavuchey masterskoy (*Study of the grinding process taking into account vibration effects on the machine tool in a floating workshop*) / A.O. Kharchenko, S.M. Bratan, Ye.A. Vladetskaya // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – Orel: FGBOU VO «OGU imeni I.S. Turgeneva», 2018. №4–1 (330). – S.102–112.
10. Bratan S.M. Modelirovaniye protsessa finishnoy obrabotki s uchetom vozdeystviy okruzhayushchey sredy na tekhnologicheskuyu sistemu cherez osnovaniye plavuchey masterskoy (*Modeling of the finishing process taking into account environmental influences on the technological system through the base of a floating workshop*) / S.M. Bratan, A.O. Kharchenko, Ye.A. Vladetskaya // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – Orel: FGBOU VO «OGU imeni I.S. Turgeneva», 2018. №4–2 (330). – S.179–186.

Bratan Sergey Mikhaylovich
"Sevastopol State University",
Sevastopol
Doctor of Engineering, professor,
head of the department
"Technology of mechanical
engineering"
299053, Sevastopol,
Universitetskaya St., 33
Тел. 54-05-57
E-mail: serg.bratan@gmail.com

Kharchenko Alexander Olegovich
"Sevastopol State University",
Sevastopol
Ph.D., professor of the department
"Technology of mechanical
engineering"
299053, Sevastopol, Universitetskaya
St., 33
Тел. 54-05-57
E-mail: khao@list.ru

Lysenko Dmitry Anatolievich
"Sevastopol State University",
Sevastopol
Competitor of the department
"Technology of mechanical
engineering"
299053, Sevastopol,
Universitetskaya St., 33
Тел. 54-05-57
E-mail: sevstop@mail.ru

© С.М. Братан, А.О. Харченко, Д.А. Лысенко, 2023

УДК 621.9.08

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-94-99

А.П. ВАСЮТЕНКО, Н.А. БАЛАКИНА

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ШЛИФОВАНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается технологический роботизированный модуль, включающий в себя шлифовальный станок, измерительное устройство, загрузочный, приемный лотки и манипулятор, осуществляющий транспортирование деталей внутри технологического модуля. Приведены теоретическое описание процесса нагрева обрабатываемых деталей в зависимости от времени обработки и температуры охлаждающей жидкости, результаты моделирование температуры деталей при различных сочетаниях исходных данных. Полученные зависимости используются для расчета и введения поправки в результат измерения размера обрабатываемой поверхности детали с целью компенсации температурной составляющей погрешности измерения.

Ключевые слова: шлифовальный станок, прибор, охлаждающая жидкость, температурная деформация, нагрев детали, подналадка, измерение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Педь Е.И. Активный контроль в машиностроении: Справочник / Москва, Машиностроение, 1978/ – 352 с.
2. 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.
3. Автоматический размерный контроль на металлорежущих станках: М.И. Этинггоф – М.: АПР, 2016. – 336 с.
4. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов/ А.Н. Резников. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.

5. Васин С.А. Резание материалов. Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании: учебник для вузов/ С.А. Васин, А.С. Верещака, В.С. Кушнир. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 448 с.

6. Силич С.С. Баланс механической и тепловой энергий и критерии подобия при плоском шлифовании/ С.С. Силич, И.Н. Рыкунов// Новые методы определения обрабатываемости материала резанием и шлифованием: сб. трудов ЯПИиРАТИ. Ярославль, 19758. Вып. 3. С.122-133.

7. Синявин Г.М. Теплообмен при внутреннем шлифовании изделий из высокопрочной стали/ Г.М. Синявин, Ю.И. Иванов и др.// Аннотация докладов IV Всесоюзной конференции «Теплофизика технологических процессов». Тольятти, 1976. С. 88.

8. Сипайлов В.А. Тепловые процессы при шлифовании и управление качеством поверхности/ В.А. Сипайлов. – М.: Машиностроение, 1978. – 167 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

Балакина Наталья Анатольевна

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

A.P. VASYUTENKO, N.A. BALAKINA

INVESTIGATION OF THE THERMAL MODE OF OPERATION TECHNOLOGICAL MODULE OF INTERNAL GRINDING

Abstract. *The article discusses the technological robotic module, which includes an internal grinding machine of the measuring device, loading and receiving trays and a manipulator that transports parts inside the technological module. A theoretical description of the heating process of the processed parts from the processing time and the temperature of the coolant is given, the results of modeling the temperature of the parts with different combinations of initial data. The obtained dependences are used to calculate and correct the result of measuring the size of the workpiece surface to compensate for the temperature component of the measurement error.*

Keywords: *Internal grinding machine, device, coolant, temperature deformation, heating of the part, adjustment, measurement.*

BIBLIOGRAPHY

1. Ped Ye.I. Aktivnyy kontrol v mashinostroyeni: Spravochnik / Moskva, Mashinostroyeniye, 1978/ – 352 s.
2. 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.
3. Avtomaticheskij razmernyy kontrol na metallovezhushchikh stankakh: M. I. Etingof – М.: APR, 2016. – 336 s.
4. Reznikov A.N. Teplofizika protsessov mekhanicheskoy obrabotki materialov/ A.N. Reznikov. – М.: Mashinostroyeniye, 1981. – 279 s.
5. Vasin S.A. Rezaniye materialov. Termomekhanicheskiy podkhod k sisteme vzaimosvyazey pri rezanii: uchebnyk dlya vuzov/ S.A.Vasin, A.S.Vereshchaka, V.S.Kushnir. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2001. – 448 с.
6. Silich S.S. Balans mekhanicheskoy i teplovoy energiy i kriterii podobiya pri ploskom shlifovanii/ S.S.Silich, I.N. Rykunov// Novyye metody opredeleniya obrabatyvayemosti materiala rezaniyem i shlifovaniyem: sb. trudov YAPIiRATI. Yaroslavl, 19758. Vyp. 3. S.122-133.
7. Sinyavin G.M. Teploobmen pri vnutrennem shlifovanii izdeliy iz vysokoprochnoy stali/ G.M. Sinyavin, YU.I. Ivanov i dr.// Annotatsiya dokladov IV Vsesoyuznoy konferentsii «Teplofizika tekhnologicheskikh protsessov». Tolyati, 1976. S. 88.
8. Sipaylov V.A. Teplovyye protsessy pri shlifovanii i upravleniye kachestvom poverkhnosti/ V.A. Sipaylov. – М.: Mashinostroyeniye, 1978. – 167 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

Balakina Natalia Anatolyevna

Sevastopol State University, Sevastopol
senior lecturer of the Department Instrument Systems and Automation of Technological Processes
299053, Sevastopol, st. University, 33
Ph.: (8692)55-00-77
E-mail: NABalakina@sevsu.ru

А.О. ХАРЧЕНКО, Е.А. ВЛАДЕЦКАЯ, В.О. ЛАЗУТКИН

ПРОГРЕССИВНЫЕ СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЧАСТИ ПЛАСТИЧЕСКИ ДЕФОРМИРУЮЩИХ МЕТЧИКОВ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований в направлении повышения эффективности процесса изготовления рабочей части мелкоразмерных пластически деформирующих метчиков (ПДМ). Основной причиной, сдерживающей широкое внедрение метода пластической деформации для получения внутренних резьб малых диаметров, является действующая технология изготовления резьбового профиля на метчиках, которая не всегда обеспечивает нормативную стойкость инструмента и качество получаемых внутренних резьб. Целью работы является обоснование и развитие перспективных процессов изготовления метчиков на основе прогрессивных способов формирования их рабочей части. В этой связи целесообразно рассмотрение новых процессов формообразования и затылования резьбы на рабочей поверхности метчиков, выработка рекомендаций по применению прогрессивных способов для их реализации с учетом опыта, накопленного исследователями и разработчиками в этой области. В статье рассмотрены и проанализированы способы формирования рабочей части ПДМ путем предварительного профилирования заготовки с получением на её боковой поверхности рельефа и последующего профилирования радиальным обжимом полученной заготовки по локальным участкам. Также предусматривается вариант при предварительном профилировании осуществления формирования резьбы по всей поверхности рабочей части заготовки и последующего профилирования с обжатием по участкам, соответствующим в готовом состоянии безрезьбовым зонам. Анализ и разработка прогрессивных способов изготовления рабочей части пластически деформирующих метчиков позволяют повысить эффективность обработки внутренней мелкоразмерной резьбы в деталях из алюминиевых, цинковых, медных сплавов, конструкционных сталей и титановых сплавов. При этом трудоемкость изготовления существенно ниже, чем по традиционной технологии, стоимость примерно на порядок меньше стоимости метчиков со шлифованным резьбовым профилем, а стойкость – более, чем в 2 раза выше.

Ключевые слова: мелкоразмерная резьбообработка, наружная резьба, рабочая часть пластически деформирующих метчиков, накатывание наружных резьб, способ формирования рабочей части, затылующее деформирование матрицей и пуансоном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меньшаков В.М. Бесстружечные метчики / В.М. Меньшаков, Г.П. Урлапов, В.С. Серeda. – М.: Машиностроение, 1976. – 167 с.
2. Матвеев В.В. Нарезание точных резьб / В.В. Матвеев. – М.: Машиностроение, 1978. – 88 с.
3. Миропольский Ю.А. Накатывание резьб и профилей / Ю.А. Миропольский, Э.П. Луговой. – М.: Машиностроение, 1976. – 178 с.
4. Рыжов Э.В. Раскатывание резьб / Э.В. Рыжов, О.С. Андрейчиков, А.Е. Шешков. – М.: Машиностроение, 1974. – 122 с.
5. Фрумин Ю.Л. Высокопроизводительный резьбообразующий инструмент / Ю.Л. Фрумин. – М.: Машиностроение, 1977. – 183 с.
6. Якухин В.Г. Оптимальная технология изготовления резьб / В.Г. Якухин. – М.: Машиностроение, 1985. – 184 с.
7. Братан С.М. Повышение точности формообразования мелкоразмерных резьб метчиками в алюминиевых сплавах: монография / С.М. Братан, Ф.Н. Канареев, П.А. Новиков, А.О. Харченко. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2017. – 164 с.
8. Харченко А.О. Анализ и синтез структур современных многооперационных станков: практикум / А.О. Харченко, С.М. Братан, Е.А. Владецкая, С.И. Рошупкин. – М.: Центркаталог, 2018. – 144 с.
9. Харченко А.О. Патентоведение и изобретательство. Практикум / А.О. Харченко, А.Г. Карлов, А.А. Харченко, К.Н. Осипов. – М.: Центркаталог, 2018. – 112 с.
10. Харченко А.О. Практикум по научно-исследовательской деятельности в машиностроении / А.О. Харченко, С.М. Братан, А.А. Харченко, Е.А. Владецкая. – М.: Центркаталог, 2022. – 288 с.
11. Харченко А.О. Повышение эффективности формирования резьбы при изготовлении мелкоразмерных пластически деформирующих метчиков / А.О. Харченко, А.А. Харченко, Е.А. Владецкая // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. – Орел: ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», 2022. № 5 (355). – С.120-129. DOI: 10.33979/2073-7408-2022-355-5-120-129.
12. Харченко А.О. Прогрессивное оборудования для получения рабочей части мелкоразмерных пластически деформирующих метчиков / А.О. Харченко, А.А. Харченко, Е.А. Владецкая // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. – Орел: ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», 2022. № 5 (355). – С.158-164. DOI: 10.33979/2073-7408-2022-355-5-158-164.

13. А. с. SU 1340878 А1, МКИ В21 К 5/02. Способ формирования рабочей части бесстружечных метчиков / Канареев Ф.Н., Жаквич Б.Т., Харченко А.О. – № 3699584/31-27; Заявл. 13.02.1984; Опубл. 30.09.1987, Бюл. №36 // Открытия. Изобретения. – 1987. – №36.

Харченко Александр Олегович
ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет»,
г. Севастополь
Кандидат технических наук,
профессор кафедры
«Технология машиностроения»
299053, г. Севастополь,
ул. Университетская, 33
Тел. 54-05-57
E-mail: khao@list.ru

Владетская Екатерина Александровна
ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет»,
г. Севастополь
Кандидат технических наук, доцент
кафедры «Технология
машиностроения»
299053, г. Севастополь,
ул. Университетская, 33
Тел. 54-05-57
E-mail: vladetska@rambler.ru

Лазуткин Владислав Олегович
ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет»,
г. Севастополь
Аспирант кафедры «Технология
машиностроения»
299053, г. Севастополь,
ул. Университетская, 33
Тел. 54-05-57
E-mail: crusis2020@gmail.com

A.O. KHARCHENKO, E.A. VLADETSKAYA, V.O. LAZUTKIN

PROGRESSIVE METHODS FOR MANUFACTURING THE WORKING PART OF PLASTICALLY DEFORMING TAPS

Abstract. *The article presents the results of research in the direction of increasing the efficiency of the process of manufacturing the working part of small-sized plastically deforming taps (PDT). The main reason hindering the widespread introduction of the plastic deformation method for obtaining internal threads of small diameters is the current technology for manufacturing a threaded profile on taps, which does not always provide standard tool life and the quality of the resulting internal threads. The purpose of the work is to substantiate and develop promising processes for the manufacture of taps based on progressive methods for forming their working part. In this regard, it is advisable to consider new processes of shaping and backing threads on the working surface of taps, developing recommendations for the use of progressive methods for their implementation, taking into account the experience gained by researchers and developers in this field. The article considers and analyzes the ways of forming the working part of the LDM by preliminary profiling the workpiece with obtaining a relief on its side surface and subsequent profiling the resulting workpiece by radial crimping in local areas. An option is also provided for the preliminary profiling of the implementation of the formation of threads over the entire surface of the working part of the workpiece and subsequent profiling with compression in areas corresponding to the finished state of the threadless zones. Analysis and development of advanced methods for manufacturing the working part of plastically deforming taps can improve the efficiency of processing small-sized internal threads in parts made of aluminum, zinc, copper alloys, structural steels and titanium alloys. At the same time, the labor intensity of manufacturing is significantly lower than by traditional technology, the cost is approximately an order of magnitude less than the cost of taps with a ground threaded profile, and durability is more than 2 times higher.*

Keywords: *small-size threading, external thread, working part of plastically deforming taps, rolling of external threads, method of forming the working part, backing deformation by a matrix and a punch.*

BIBLIOGRAPHY

1. Menshakov V.M. Besstruzhechnye metchiki (*Unstructured taps*) / V.M. Menshakov, G.P. Uralpov, V.S. Sereda. – М.: Mashinostroyeniye, 1976. – 167 s.
2. Matveyev V.V. Narezaniye tochnykh rezb (*Precision thread cutting*) / V.V. Matveyev. – М.: Mashinostroyeniye, 1978. – 88 s.
3. Miropol'skiy Yu.A. Nakatyvaniye rez'b i profiley (*Rolling threads and profiles*) / Yu.A. Miropol'skiy, E.P. Lugovoy. – М.: Mashinostroyeniye, 1976. – 178 s.
4. Ryzhov E.V. Raskatyvaniye rez'b (Thread rolling) / E.V. Ryzhov, O.S. Andreychikov, A.E. Steshkov. – М.: Mashinostroyeniye, 1974. – 122 s.
5. Frumin Yu.L. Vysokoproizvoditelnyy rezboobrazuyushchiy instrument (*High-performance thread-forming tool*) / Yu.L. Frumin. – М.: Mashinostroyeniye, 1977. – 183 s.
6. Yakukhin V.G. Optimal'naya tekhnologiya izgotovleniya rez'b (*Optimal thread manufacturing technology*) / V.G. Yakukhin. – М.: Mashinostroyeniye, 1985. – 184 s.
7. Bratan S.M. Povysheniye tochnosti formoobra-zovaniya melkorazmernykh rezb metchikami v al'yuminiyevykh splavakh: monografiya (*Improving the accuracy of forming small-sized threads with taps in aluminum alloys*) / S.M. Bratan, F.N. Kanareyev, P.A. Novikov, A.O. Kharchenko. – М.: Vuzovskiy uchebnik: INFRA-M, 2017. – 164 s.
8. Kharchenko A.O. Analiz i sintez struktur sovremennykh mnogooperatsionnykh stankov: praktikum (*Analysis and synthesis of the structures of modern multioperational machines: practical*) / A.O. Kharchenko, S.M. Bratan, Ye.A. Vladetskaya, S.I. Roshchupkin. – М.: Tsentrkatalog, 2018. – 144 s.
9. Kharchenko A.O. Patentovedeniye i izobretatelstvo. Praktikum (*Patenting and invention. Workshop*) / A.O. Kharchenko, A.G. Karlov, A.A. Kharchenko, K.N. Osipov. – М.: Tsentrkatalog, 2018. – 112 s.

10. Kharchenko A.O. Praktikum po nauchno-issledovatel'skoy deyatelnosti v mashinostroyeni (Workshop on research activities in mechanical engineering) / A.O. Kharchenko, S.M. Bratan, A.A. Kharchenko, Ye.A. Vladetskaya. – M.: Tsentrkatalog, 2022. – 288 s.

11. Kharchenko A.O. Povysheniye effektivnosti formirovaniya rezby pri izgotovlenii melkorazmernykh plasticheski deformiruyushchikh metchikov (Improving the efficiency of thread formation in the manufacture of small-sized plastically deforming taps) / A.O. Kharchenko, A.A. Kharchenko, Ye.A. Vladetskaya // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – Orel: FGBOU VO «OGU imeni I.S. Turgeneva», 2022. № 5 (355). – S.120-129. DOI: 10.33979/2073-7408-2022-355-5-120-129.

12. Kharchenko A.O. Progressivnoye oborudovaniya dlya polucheniya rabochey chasti melkorazmernykh plasticheski deformiruyushchikh metchikov (Progressive equipment for obtaining the working part of small-sized plastically deforming taps) / A.O. Kharchenko, A.A. Kharchenko, Ye.A. Vladetskaya // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – Orel: FGBOU VO «OGU imeni I.S. Turgeneva», 2022. № 5 (355). – S.158-164. DOI: 10.33979/2073-7408-2022-355-5-158-164.

13. A. s. SU 1340878 A1, MKI V21 K 5/02. Sposob formirovaniya rabochey chasti besstruzhechnykh metchikov (The method of forming the working part of chipless taps) / Kanareyev F.N., Zhakich B.T., Kharchenko A.O. – № 3699584/31-27; Zayavl. 13.02.1984; Opubl. 30.09.1987, Byul. №36 // Otkrytiya. Izobreteniya. – 1987. – №36.

Kharchenko Alexander Olegovich
"Sevastopol State University",
Sevastopol
Ph.D., professor of the department
"Technology of mechanical
engineering"
299053, Sevastopol, Universitetskaya
St., 33
Тел. 54-05-57
E-mail: khao@list.ru

Vladetskaya Ekaterina Aleksandrovna
"Sevastopol State University",
Sevastopol
Ph.D., associate professor of the
department "Technology of mechanical
engineering"
299053, Sevastopol,
Universitetskaya St., 33
Тел. 54-05-57
E-mail: vladetska@rambler.ru

Lazutkin Vladislav Olegovich
"Sevastopol State University",
Sevastopol
post-graduate student of the
department "Technology of
mechanical engineering"
299053, Sevastopol,
Universitetskaya St., 33
Тел. 54-05-57
E-mail: crusis2020@gmail.com

© А.О. Харченко, Е.А. Владецкая, В.О. Лазуткин, 2023

УДК 621.01/.03

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-109-113

Е.В. ГЛУШКОВА

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОБЪЕКТОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ЕЁ ПОВЫШЕНИЯ

Аннотация. Отсутствие продольной герметичности кабельных изделий, используемых на объектах и сооружениях машиностроения приводит к распространению по кабелям воды, газовоздушной смеси при наличии даже самого незначительного перепада давлений между оконцеваниями кабельного изделия, вызванного работой системы вентиляции или специфической помещения, в котором поддерживается разряжение или избыточное давление, а также из аварийных помещений в смежные. Это приводит к снижению сопротивления изоляции кабелей, возникновению трек-эффектов и, как следствие, к сокращению сроков службы кабелей, а также к коротким замыканиям и пожарам. Предлагаемые способы частичной и полной герметизации (герметизации оконцеваний) кабельных изделий, не обладающих продольной герметичностью, заключаются в заполнении межпроводочного пространства веществами, препятствующими распространению в продольном направлении газовой среды. Способы конструктивно просты, надежны и позволяют значительно увеличить срок службы кабельных изделий, снизить аварийность электроэнергетических систем, сетей связи и управления, повысить надёжность герметизации помещений.

Ключевые слова: объекты машиностроения, прогнозирование работоспособности, изделия и сооружения, технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овсиенко В.Л. и др. Прогнозирование остаточного ресурса маслonaполненных кабельных линий на основе математического моделирования процесса старения их электрической изоляции // Кабели и провода. – 2018. - № 2 (370). – С. 12-19. - ISSN 2072-215X РИНЦ.
2. Пешков И.Б.. Отечественная кабельная промышленность: 2017 год и задачи на будущее // Кабели и провода. – 2018. - № 2 (370). – С. 30-33. - ISSN 2072-215X РИНЦ.
3. Каменский М.К. и др. Кабели силовые с токопроводящими жилами из сплавов алюминия для электропроводок в жилых зданиях // Кабели и провода. – 2018. - № 3 (371). – С. 3-8. - ISSN 2072-215X РИНЦ.
4. Дудин Р.И. Проблемные вопросы эксплуатации распределительных сетей с увеличивающейся долей распределенной генерации // Электроэнергия: передача и распределение. – 2022. - № 27. – С. 40-44. - ISSN: 2218-3116 РИНЦ.
5. Цым А.Ю. Сроки службы оптических кабелей. Анализ. Риски // Кабели и провода. – 2020. - № 2 (382). – С. 20-26. - ISSN 2072-215X РИНЦ.
6. Электрические кабели, провода и шнуры. Справочник / Н.И. Белоруссов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 536 с.

7. Механика жидкости и газа (гидравлика): учебник / А.Д. Гиргидов. — М.: ИНФРА-М, 2018. — 704 с.
8. Справочник по электроизоляционным материалам. - Т. 1 / Под ред. Ю.В. Корицкого. - М.: Энергоатомиздат, 1986.- 368 с.
9. Справочник по электроизоляционным материалам. - Т. 2 / Под ред. Ю.В. Корицкого. - М.: Энергоатомиздат, 1987.- 464 с.
10. Справочник по электроизоляционным материалам. - Т. 3 / Под ред. Ю.В. Корицкого. - М.: Энергоатомиздат, 1988.- 728 с

Глушкова Елена Владимировна

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь
Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Паротурбинные установки»
299015, г. Севастополь, ул. Курчатова, 22, кв.31
Тел. +7(978)89-166-08
E-mail: GlusEV@mail.ru

E.V. GLUSHKOVA

FORECASTING THE OPERABILITY OF MECHANICAL ENGINEERING FACILITIES AND TECHNOLOGY FOR ITS IMPROVEMENT

Abstract. *The lack of longitudinal tightness of cable products used at engineering facilities and structures leads to the spread of water, gas-air mixture through cables in the presence of even the smallest pressure drop between the ends of the cable product caused by the operation of the ventilation system or the specifics of the room in which the discharge or overpressure is maintained, as well as from emergency rooms to adjacent ones. This leads to a decrease in the insulation resistance of cables, the occurrence of track effects and, as a result, to a reduction in the service life of cables, as well as to short circuits and fires. The proposed methods of partial and complete sealing (sealing of the ends) of cable products that do not have longitudinal tightness consist in filling the inter-wire space with substances that prevent the propagation of the gas-air medium in the longitudinal direction. The methods are structurally simple, reliable and can significantly increase the service life of cable products, reduce the accident rate of electric power systems, communication and control networks, and increase the reliability of room sealing.*

Keywords: *mechanical engineering objects, performance forecasting, products and structures, technologies.*

BIBLIOGRAPHY

1. Ovsienko V.L. Prognozirovanie ostatochnogo resursa maslonapolnennykh kabelnykh linij na osnove matematicheskogo modelirovaniya processa stareniya ix elektricheskoy izolyacii // Kabeli i provoda. – 2018. - No 2 (370). – Pp. 12-19. - ISSN 2072-215X RINCz.
2. Peshkov I.B. Otechestvennaya kabelnaya promyshlennost: 2017 god i zadachi na budushhee // Kabeli i provoda. – 2018. - No 2 (370). – Pp. 30-33. - ISSN 2072-215X RINCz.
3. Kamenskij M.K. Kabeli silovye s tokoprovodyashhimi zhilami iz splavov alyuminiya dlya elektroprovodok v zhilykh zdaniyakh // Kabeli i provoda. – 2018. - No 3 (371). – Pp. 3-8. - ISSN 2072-215X RINCz.
4. Dudin R.I. Problemnye voprosy ekspluatatsii raspredelitelnykh setej s uvelichivayushhejsya dolej raspredelennoj generacii // Elektroenergiya: peredacha i raspredelenie. – 2022. - No 27. – Pp. 40-44. - ISSN: 2218-3116 RINCz.
5. Cym A.Yu. Sroki sluzhby opticheskix kabelej. Analizy. Riski // Kabeli i provoda. – 2020. - No 2 (382). – Pp. 20-26. - ISSN 2072-215X RINCz.
6. Elektricheskie kabeli, provoda i shnury. Spravochnik / N.I. Belorussov. – Moscow: Energoatomizdat, 1987. – 536 p.
7. Mexanika zhidkosti i gaza (gidravlika): uchebnik / A.D. Girgidov. — Moscow: INFRA-M, 2018. — 704 p.
8. Spravochnik po elektroizolyacionnym materialam. - Vol. 1 / Pod red. Yu.V. Koriczkogo. - Moscow: Energoatomizdat, 1986.- 368 p.
9. Spravochnik po elektroizolyacionnym materialam. - Vol. 2 / Pod red. Yu.V. Koriczkogo. - Moscow: Energoatomizdat, 1987.- 464 p.
10. Spravochnik po elektroizolyacionnym materialam. - Vol. 3 / Pod red. Yu.V. Koriczkogo. - Moscow: Energoatomizdat, 1988.- 728 p

Glushkova Elena Vladimirovna

«Sevastopol State University», Sevastopol
Ph.D, associate professor of the Department
«Steam turbine installations»
299015, Sevastopol, Kurchatov str. 22, sq..31 Ph.: +7(978)89-166-08
E-mail: GlusEV@mail.ru

Д.В. ШУТИН, А.В. СЫТИН, И.Н. СТЕБАКОВ, М.Г. ЛИТОВЧЕНКО

РАСПОЗНАВАНИЕ КЛАССОВ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ РОТОРА НА ОПОРАХ ЖИДКОСТНОГО ТРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Аннотация. *Статья посвящена решению задачи классификации траекторий движения ротора в радиальных опорах жидкостного трения с использованием машинного обучения. Экспериментально полученные траектории ротора предварительно были разделены на три класса: гармонические, полигармонические и хаотические. Выбранные классы отражают выраженность нелинейных свойств смазочного слоя подшипников скольжения и устойчивость движения ротора в них. Размеченные данные были разделены на подмножества для обучения и тестирования модели на основе полносвязной искусственной нейронной сети (ИНС). Подбор гиперпараметров метода позволил получить точность распознавания 98 процентов. Разработанная методика позволяет создавать модули распознавания классов траекторий для применения в процедурах параметрического синтеза опор жидкостного трения.*

Ключевые слова: *искусственные нейронные сети, классификация, методы искусственного интеллекта, опоры жидкостного трения, роторная динамика, нелинейные колебания.*

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wang, Z. Dynamic analyses for the rotor-journal bearing system of a variable speed rotary compressor / Wang, Z., Yu, X., Liu, F., Feng, Q., Tan, Q. // International Journal of Refrigeration. 2013. № 36 (7). С. 1938–1950. DOI: 10.1016/j.ijrefrig.2013.03.013.
2. Zhang, Y. Dynamic stability of unbalance-induced vibration in a turbocharger rotor-bearing system with the nonlinear effect of thermal turbulent lubricating fluid film / Zhang, Y., Wang, W., Wei, D., Wang, G., Xu, J., Liu, K. // Journal of Sound and Vibration. 2022. № 528, 116909. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2022.116909>.
3. Bagante, F. Artificial neural networks for multi-omics classifications of hepato-pancreato-biliary cancers: towards the clinical application of genetic data / Bagante, F., Spolverato, G., Ruzzenente, A., Luchini, C., Tsilimigras, D. I., Campagnaro, T., Conci, S., Corbo, V., Scarpa, A., Guglielmi, A., Pawlik, T. M. // European Journal of Cancer. 2021. № 148. С. 348–358. DOI: 10.1016/j.ejca.2021.01.049.
4. Leon-Medina, J. X. Yogurt classification using an electronic tongue system and machine learning techniques / Leon-Medina, J. X., Anaya, M., Tibaduiza D. A // Intelligent Systems with Applications. 2022. № 16, 200143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2022.200143>.
5. Mukherjee T. Real-time coal classification in thermal power plants / Mukherjee T., Gupta A., Deodhar A., Runkana V. // Control Engineering Practice. 2023. № 130, 105377. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2022.105377>.
6. Liu, M. Classification of cow behavior patterns using inertial measurement units and a fully convolutional network model / Liu, M., Wu, Y., Li, G., Liu, M., Hu, M., Zou, H., Wang, Z., Peng, Y. // Journal of Dairy Science. 2022. № 106 (2). С. 1-9. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22350>.
7. Hameed, S. S. Comparative analysis of fuzzy classifier and ANN with histogram features for defect detection and classification in planetary gearbox / Hameed, S. S., Muralidharan, V., Ane, B. K. // Applied Soft Computing. 2021. № 106, 107306. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107306>.
8. Fathabadi, H. Novel filter based ANN approach for short-circuit faults detection, classification and location in power transmission lines. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2016. № 74. С. 374-383. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2015.08.005>.
9. Zhang, J. Fault diagnosis of bearings based on deep separable convolutional neural network and spatial dropout / Zhang, J., Kong, X., Li, X., Hu, Z., Cheng, L., Yu, M. // Chinese Journal of Aeronautics. 2022. № 35 (10). С. 301-312. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cja.2022.03.007>.
10. Hoang, D., Kang, H. Rolling element bearing fault diagnosis using convolutional neural network and vibration image. Cognitive Systems Research. 2019. № 53. С. 42-50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2018.03.002>.

11. Kornaeva, E. P. Application of artificial neural networks to diagnostics of fluid-film bearing lubrication / Kornaeva, E. P., Kornaev, A. V., Kazakov, Yu. V., Polyakov, R. N. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 734, 012154. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/734/1/012154>.
12. Iwatubo, T., Kawai, R. Optimum design of rotor-bearing system. Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers Series C. № 50 (460). С. 2338-2347. DOI: <https://doi.org/10.1299/kikaic.50.2338>.
13. Huachun, W. Two-dimensional time series sample entropy algorithm: Applications to rotor axis orbit feature identification / Huachun, W., Jian, Z., Chunhu, X., Jiyang, Z., Yiming, H. // Mechanical Systems and Signal Processing. 2021. № 147, 107123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2020.107123>.
14. Yan, X. Multi-branch convolutional neural network with generalized shaft orbit for fault diagnosis of active magnetic bearing-rotor system / Yan, X., Zhang, C., Liu, Y. // Measurement. № 171, 108778. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108778>.
15. Papafragkos, P. Optimizing energy dissipation in gas foil bearings to eliminate bifurcations of limit cycles in unbalanced rotor systems / Papafragkos, P., Gavalas, I., Raptopoulos I., Chasalevris, A. // Nonlinear Dynamics. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11071-022-07837-1>.
16. Fetisov, A., Tyurin, V. Dynamics of flexible rotor on journal bearings lubricated with magnetorheological fluid. AIP Conference Proceedings. 2022. №2467, 030020. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0092538>.

Шутин Денис Владимирович

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
Доцент кафедры мехатроники, механики и
робототехники
302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
E-mail: rover.ru@gmail.com

Сытин Антон Валерьевич

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
Доцент кафедры мехатроники, механики и
робототехники
302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
E-mail: sytin@mail.ru

Стебаков Иван Николаевич

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
Аспирант кафедры мехатроники, механики и
робототехники
302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
E-mail: chester50796@yandex.ru

Литовченко Максим Геннадьевич

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»
Студент кафедры мехатроники, механики и
робототехники
302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
E-mail: yamaks123@bk.ru

D.V. SHUTIN, A.V. SYTIN, I.N. STEBAKOV, M.G. LITOVCHENKO

RECOGNITION OF CLASSES OF ROTOR MOTION TRAJECTORIES ON FLUID FILM BEARINGS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Abstract. *The article is devoted to solving the problem of classifying the trajectories of the rotor in radial fluid film bearings using machine learning techniques. The experimentally obtained rotor trajectories were divided into three classes: harmonic, polyharmonic, and chaotic. The selected classes reflect the severity of the nonlinear properties of the lubricating layer of fluid film bearings and the stability of the rotor motion in them. The marked-up data were divided into subsets for training and testing a model based on a fully connected artificial neural network (ANN). The selection of hyperparameters of the method allowed to obtain recognition accuracy of 98 percent. The developed technique makes it possible to create modules for recognizing classes of trajectories for use in parametric synthesis procedures of fluid film bearings.*

Keywords: *artificial neural networks, classification, artificial intelligence methods, fluid film bearings, rotor dynamics, nonlinear oscillations.*

BIBLIOGRAPHY

1. Wang, Z. Dynamic analyses for the rotor-journal bearing system of a variable speed rotary compressor / Wang, Z., Yu, X., Liu, F., Feng, Q., Tan, Q. // International Journal of Refrigeration. 2013. № 36 (7). С. 1938–1950. DOI: [10.1016/j.ijrefrig.2013.03.013](https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2013.03.013).
2. Zhang, Y. Dynamic stability of unbalance-induced vibration in a turbocharger rotor-bearing system with the nonlinear effect of thermal turbulent lubricating fluid film / Zhang, Y., Wang, W., Wei, D., Wang, G., Xu, J., Liu, K. // Journal of Sound and Vibration. 2022. № 528, 116909. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2022.116909>.
3. Bagante, F. Artificial neural networks for multi-omics classifications of hepato-pancreato-biliary cancers: towards the clinical application of genetic data / Bagante, F., Spolverato, G., Ruzzenente, A., Luchini, C., Tsilimigras, D. I., Campagnaro, T., Conci, S., Corbo, V., Scarpa, A., Guglielmi, A., Pawlik, T. M. // European Journal of Cancer. 2021. № 148. С. 348–358. DOI: [10.1016/j.ejca.2021.01.049](https://doi.org/10.1016/j.ejca.2021.01.049).

4. Leon-Medina, J. X. Yogurt classification using an electronic tongue system and machine learning techniques / Leon-Medina, J. X., Anaya, M., Tibaduiza D. A // Intelligent Systems with Applications. 2022. № 16, 200143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2022.200143>.
5. Mukherjee T. Real-time coal classification in thermal power plants / Mukherjee T., Gupta A., Deodhar A., Runkana V. // Control Engineering Practice. 2023. № 130, 105377. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2022.105377>.
6. Liu, M. Classification of cow behavior patterns using inertial measurement units and a fully convolutional network model / Liu, M., Wu, Y., Li, G., Liu, M., Hu, M., Zou, H., Wang, Z., Peng, Y. // Journal of Dairy Science. 2022. № 106 (2). C. 1-9. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22350>.
7. Hameed, S. S. Comparative analysis of fuzzy classifier and ANN with histogram features for defect detection and classification in planetary gearbox / Hameed, S. S., Muralidharan, V., Ane, B. K. // Applied Soft Computing. 2021. № 106, 107306. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107306>.
8. Fathabadi, H. Novel filter based ANN approach for short-circuit faults detection, classification and location in power transmission lines. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2016. № 74. C. 374-383. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2015.08.005>.
9. Zhang, J. Fault diagnosis of bearings based on deep separable convolutional neural network and spatial dropout / Zhang, J., Kong, X., Li, X., Hu, Z., Cheng, L., Yu, M. // Chinese Journal of Aeronautics. 2022. № 35 (10). C. 301-312. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cja.2022.03.007>.
10. Hoang, D., Kang, H. Rolling element bearing fault diagnosis using convolutional neural network and vibration image. Cognitive Systems Research. 2019. № 53. C. 42-50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2018.03.002>.
11. Kornaeva, E. P. Application of artificial neural networks to diagnostics of fluid-film bearing lubrication / Kornaeva, E. P., Kornaev, A. V., Kazakov, Yu. V., Polyakov, R. N. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 734, 012154. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/734/1/012154>.
12. Iwatubo, T., Kawai, R. Optimum design of rotor-bearing system. Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers Series C. № 50 (460). C. 2338-2347. DOI: <https://doi.org/10.1299/kikaic.50.2338>.
13. Huachun, W. Two-dimensional time series sample entropy algorithm: Applications to rotor axis orbit feature identification / Huachun, W., Jian, Z., Chunhu, X., Jiyang, Z., Yiming, H. // Mechanical Systems and Signal Processing. 2021. № 147, 107123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2020.107123>.
14. Yan, X. Multi-branch convolutional neural network with generalized shaft orbit for fault diagnosis of active magnetic bearing-rotor system / Yan, X., Zhang, C., Liu, Y. // Measurement. № 171, 108778. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108778>.
15. Papafragkos, P. Optimizing energy dissipation in gas foil bearings to eliminate bifurcations of limit cycles in unbalanced rotor systems / Papafragkos, P., Gavalas, I., Raptopoulos I., Chasalevris, A. // Nonlinear Dynamics. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11071-022-07837-1>.
16. Fetisov, A., Tyurin, V. Dynamics of flexible rotor on journal bearings lubricated with magnetorheological fluid. AIP Conference Proceedings. 2022. №2467, 030020. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0092538>.

Shutin Denis Vladimirovich

Orel State University,
Associate Professor of the Department of Mechatronics,
Mechanics and Robotics
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
E-mail: rover.ru@gmail.com

Sytin Anton Valerievich

Orel State University,
Associate Professor of the Department of Mechatronics,
Mechanics and Robotics
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
E-mail: sytin@mail.ru

Stebakov Ivan Nikolaevich

Orel State University,
Postgraduate student of the Department of Mechatronics,
Mechanics and Robotics
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
E-mail: chester50796@yandex.ru

Litovchenko Maksim Gennadievich

Orel State University,
Student of the Department of Mechatronics, Mechanics
and Robotics
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
E-mail: yamaks123@bk.ru

© Д.В. ШУТИН, А.В. СЫТИН, И.Н. СТЕБАКОВ, М.Г. ЛИТОВЧЕНКО, 2023

УДК 621.82

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-123-132

А.Ю. РОДИЧЕВ, Д.В. ШУТИН, Л.А. САВИН, А.В. ГОРИН, И.В. РОДИЧЕВА, К.В. ВАСИЛЬЕВ

**ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВ
СКОЛЬЖЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ**

Аннотация. В статье представлено описание возможности оценки технического состояния подшипников скольжения жидкостного трения в режиме реального времени. Приведен ряд конструкторских и технологических решений для воплощения способа оценки технического состояния рабочей поверхности подшипников скольжения. Для проверки данных технических решений был разработан эскизный проект, проведены расчеты, выполнена компоновка и разработана конструкторская документация, на основе которой была спроектирована экспериментальная установка. Представлены результаты экспериментов, подтверждающих правильность принятых решений. Даны рекомендации по дальнейшему развитию оценки технического состояния подшипников скольжения жидкостного трения.

Ключевые слова: подшипник скольжения, контроль, техническое состояние, трение, измерительная система.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ł. Bren' kac, G. Zywica, M. Bogulicz, Selection of the bearing system for a 1 kW ORC microturbine [Электронный ресурс] / Mech. Mach. Sci. - №60. – 2019. – P. 223-235. – Режим доступа: https://doi.org/10.1007/978-3-319-99262-4_16.
2. Ł. Bren' kac, G. Zywica, M. Bogulicz, Selection of the oil-free bearing system for a 30 kW ORC microturbine [Электронный ресурс] / J. Vibroeng. - №21. – 2019. – P. 318-330. – Режим доступа: <https://doi.org/10.21595/jve.2018.19980>
3. Ł. Bren' kac, G. Zywica, M. Bogulicz, Analysis of dynamical properties of a 700 kW turbine rotor designed to operate in an ORC installation [Электронный ресурс] / Diagnostyka. - №17. – 2016. – P. 17-23. – Режим доступа: <http://www.brenkacz.com/images/publications/Brenkacz>
4. Корнаев А.В. Классические системы управления в регулируемых опорах жидкостного трения [Текст] / А.В. Корнаев, Д.В. Шутин, Ю.Н. Казаков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2022. -№1(351). – С. 103-110.
5. Adams M.L. Rotating Machinery Vibration [Электронный ресурс] / CRC Press. – 2009. – Режим доступа <https://doi.org/10.1201/9781439847558>
6. L. Gu E., Guenat J., Schiffmann A. Review of grooved dynamic gas bearings [Электронный ресурс] / Appl. Mech. Rev. - №72. – 2020. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1115/1.4044191>
7. Ledezma-Ramírez D.F., Tapia-González P.E., Ferguson N., Brennan M., Tang B. Recent advances in shock vibration isolation: an overview and future possibilities [Электронный ресурс] / Appl. Mech. Rev. - №71. – 2019. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1115/1.4044190>
8. Jin L., Khajetourian R., Mueller J., Rafsanjani A., Tournat V., Bertoldi K., Kochmann D.M. Guided transition waves in multistable mechanical metamaterials [Электронный ресурс] / Proc. Natl. Acad. Sci. – 2020. – 201913228. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1073/pnas.1913228117>
9. Yu Y., Bouklas N., Landis C.M., Huang R. Poroelastic effects on the time- and rate-dependent fracture of polymer gels [Электронный ресурс] / J. Appl. Mech. - №87. – 2020. – P. 1-10. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1115/1.4045004>
10. Сытин А.В. Мехатронный подшипниковый узел турбогенератора энергоблока малой мощности [Текст] / А.В. Сытин, А.А. Киричек, А.С. Кошелев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2022. -№2(352). – С. 119-126.
11. Шутин Д.В. Анализ точности показаний датчиков перемещений при определении положения ротора в опорах жидкостного трения [Текст] / Д.В. Шутин, А.С. Фетисов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2022. -№3(353). – С. 97-102.
12. А.С. 1444570 СССР, МКП F16C 17/24. Подшипник скольжения / Глинин Л.В. - №4204002; заявл. 27.02.1987; Опубл. 15.12.1988.
13. Пат. 2398142 Российская Федерация, F16C 17/02, F16C 17/24, F16C 33/04, G01M 13/04. Мехатронный подшипник скольжения / Савин Л.А., Поляков Р.Н.; (ГОУ ВО «Орловский государственный технический университет») (ОрелГТУ). - №2009118718; Заявл. 18.05.09; Опубл. 27.08.10, Бюл. №24 - 5 с.
14. Родичев А.Ю. Исследование возможности применения искусственных нейронных сетей для диагностики роторно-опорных узлов [Текст] / А.Ю. Родичев, Р.Н. Поляков, К.В. Васильев, Е.М. Минаева // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2022. -№6(356). – С. 91-95.
15. А.С. 1355906 СССР, МПК G01N 3/56. Устройство для непрерывного контроля износа пар трения / Баздеркин В.А., Миронов Е.А., Мамаев В.Н., Горбунов В.И. - №3991351; Заявл. 19.02.85; Опубл. 30.11.87.
16. Пат. 2548060 Российская Федерация, G01N 3/56, G01N 21/55. Устройство для исследования износа трущихся поверхностей / Карлов С.П., Покусаев Б.Г., Некрасов Д.А. (ФГБОУ ВПО «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)») (Университет машиностроения). - №2013145962/28; Заявл. 15.10.13; Опубл. 10.04.15, Бюл. №10. - 11 с.

17. Поляков Р.Н. Программное обеспечение для диагностики роторной системы в режиме реального времени [Текст] / Р.Н. Поляков, И.Н. Стебаков, А.С. Фетисов, Ю.Н. Казаков // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии* – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2022. -№ 5(355). – С. 36-43.
18. Горин А.В. Анализ методов управления и классификаций для диагностирования аномальных состояний [Текст] / А.В. Горин, Р.К. Зарецкий, А.К. Поздняков // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии* – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2022. -№ 3(353). – С. 59-66.
19. А.С. 1601425 СССР, МПК F16C 17/24; F04D 29/04; F04D 29/047; F16C 33/04. Подшипник скольжения / Наумов В.В., Лысенко О.И., Дейнера В.Т., Андронов А.А., Щигорев В.А. - №4490637; Заявл. 05.10.88; ОПУБЛ. 23.10.90.
20. Фетисов А.С. Экспериментальный анализ точности определения положения ротора в опорах жидкостного трения [Текст] / А.С. Фетисов, Д.В.Шутин, М.Н. Сметанин, К.К. Настепанин // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии* – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2022. -№ 6(356). – С. 85-90.
21. König F., Sous C., Ouald Chaib A., Jacobs G. Events for wear monitoring in sliding bearing systems [Электронный ресурс] / *Tribology International*. – 2021. - Volume 155. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2020.106811>
22. Xincheng Zhuang, Sajad Saraygord Afshari, Tianxiang Yu, Xihui Liang. A hybrid model for wear prediction of a single revolute joint considering a time-varying lubrication condition [Электронный ресурс] / *Wear*. – 2020. – P. 442–443. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2019.203124>
23. Eder S.J., Ielchici C., Krenn S., Brandtner D. An experimental framework for determining wear in porous journal bearings operated in the mixed lubrication regime [Электронный ресурс] / *Tribology International*. - 2018. - Volume 123. – P. 1-9. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2018.02.026>
24. Revill P., Clarke A., Pullin R., Dennis G.. Acoustic emission monitoring of wear in aerospace self-lubricating bearing liner materials [Электронный ресурс] / *Wear*. – 2021. – P. 486-487. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2021.204102>
25. Sarychev G.A., Shchavelin V.M. Acoustic emission method for research and control of friction pairs [Электронный ресурс] / *NDT & E International* 1994. - Volume 27. – 1994. – P. 216. – Режим доступа: [https://doi.org/10.1016/0963-8695\(94\)90520-7](https://doi.org/10.1016/0963-8695(94)90520-7)
26. SEE technology for condition monitoring of bearings [Электронный ресурс] / *Design Engineering*. - Volume 27. – P. 216. – Режим доступа: [https://doi.org/10.1016/0963-8695\(94\)90529-0](https://doi.org/10.1016/0963-8695(94)90529-0)
27. Sarychev G.A., Shchavelin V.M. Acoustic emission method for research and control of friction pairs [Электронный ресурс] / *Tribology International*. - 1991. - Volume 24. – P. 11-16. – Режим доступа: [https://doi.org/10.1016/0301-679X\(91\)90056-F](https://doi.org/10.1016/0301-679X(91)90056-F)
28. Пат. 2783716 Российская Федерация, F16C 17/02. Устройство контроля износа подшипника скольжения / Родичев А.Ю., Поляков Р.Н., Попов С.Г., Горин А.В., Родичева И.В. (ОГУ им. И.С.Тургенева). - №2022110171; Заявл. 13.04.22; Опубл. 16.11.22, Бюл. №32. - 7 с.
29. Пат. 2783323 Российская Федерация, F16C 33/04, F16C 33/12. Способ изготовления подшипника скольжения с возможностью диагностики предельного изнашивания рабочей поверхности / Родичев А.Ю., Поляков Р.Н., Горин А.В., Родичева И.В., Фетисов А.С. (ОГУ им. И.С.Тургенева). - №2022114024; Заявл. 24.05.22; Опубл. 11.11.22, Бюл. №32. - 8 с.
30. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2022618435 Российская Федерация. Программа мониторинга состояния подшипника скольжения в реальном времени и предиктивной диагностики предельного изнашивания рабочей поверхности / Родичев А.Ю., Поляков Р.Н., Настепанин К.К., Попов С.Г., Родичева И.В. (ФГБОУ ВО ОГУ имени И.С. Тургенева). - №2022617494; Заявл. 25.04.22; Опубл. 06.05.22. – 1 с.
31. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2022663479 Российская Федерация. Прошивка контроллера «Arduino» для мониторинга состояния подшипников скольжения в реальном времени / Родичев А.Ю., Поляков Р.Н., Настепанин К.К., Горин А.В., Родичева И.В., Стебаков И.Н. (ФГБОУ ВО ОГУ имени И.С. Тургенева). - №2022662064; Заявл. 27.06.22; Опубл. 14.07.22. – 1 с.

Родичев Алексей Юрьевич
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»,
канд. техн. наук, доцент кафедры
сервис и ремонт машин
302020, г.Орёл, Московская, 77
E-mail: rodfox@yandex.ru

Савин Леонид Алексеевич
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
доктор техн. наук, профессор
кафедры мехатроники, механики и робототехники
302020, г.Орёл, Наугорское шоссе, 29
E-mail: savin3257@mail.ru

Родичева Ирина Владимировна

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

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

Васильев Кирилл Владимирович

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

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

A.Y. RODICHEV, D.V. SHUTIN, L.A. SAVIN, A.V. GORIN, I.V. RODICHEVA, K.V. VASILIEV

EVALUATION OF THE TECHNICAL CONDITION OF SLIDING BEARINGS FOR PREDICTIVE ANALYTICS SYSTEMS

Abstract. *The article describes the possibility of assessing the technical condition of liquid friction sliding bearings in real time. A number of design and technological solutions for the implementation of a method for assessing the technical condition of the working surface of sliding bearings are given. To verify these technical solutions, a preliminary design was developed, calculations were carried out, the layout was completed and design documentation was developed, on the basis of which the experimental installation was designed. The results of experiments confirming the correctness of the decisions made are presented. Recommendations are given for the further development of the assessment of the technical condition of liquid friction sliding bearings.*

Keywords: *sliding bearing, control, technical condition, friction, measuring system.*

BIBLIOGRAPHY

1. L. Brenkacz, G. Zywica, M. Bogulicz, Selection of the bearing system for a 1 kW ORC microturbine [Electronic resource] / Mech. Mach. Sci. - No.60. – 2019. – p. 223-235. – Access mode: https://doi.org/10.1007/978-3-319-99262-4_16.
2. L. Brenkacz, G. Zywica, M. Bogulicz, Selection of the oil-free bearing system for a 30 kW ORC microturbine [Electronic resource] / J. Vibroeng. - No. 21. – 2019. – p. 318-330. – Access mode: <https://doi.org/10.21595/jve.2018.19980>
3. L. Brenkacz, G. Zywica, M. Bogulicz, Analysis of dynamic properties of a 700 kW turbine rotor designed to operate in an ORC installation [Electronic resource] / Diagnostika. - No.17. – 2016. – p. 17-23. – Access mode: <http://www.brenkacz.com/images/publications/Brenkacz>
4. Kornaev A.V. Classical control systems in adjustable liquid friction supports [Text] / A.V. Kornaev, D.V. Shutin, Yu.N. Kazakov // Fundamental and applied problems of engineering and technology – Orel: OSU named after I.S. Turgenev, 2022. -№ 1(351). – Pp. 103-110.
5. Adams M.L. Rotating Machinery Vibration [Electronic resource] / CRC Press. – 2009. – Access mode <https://doi.org/10.1201/9781439847558>
6. L. Gu E., Guenat J., Schiffmann A. Review of grooved dynamic gas bearings [Electronic resource] / Appl. Mech. Rev. - No.72. – 2020. – Access mode: <https://doi.org/10.1115/1.4044191>
7. Ledezma-Ramírez D.F., Tapia-González P.E., Ferguson N., Brennan M., Tang B. Recent advances in shock vibration isolation: an overview and future possibilities [Electronic resource] / Appl. Mech. Rev. - No.71. – 2019. – Access mode: <https://doi.org/10.1115/1.4044190>
8. Jin L., Khajetourian R., Mueller J., Rafsanjani A., Tournat V., Bertoldi K., Kochmann D.M. Guided transition waves in multistable mechanical metamaterials [Electronic resource] / Proc. Natl. Acad. Sci. – 2020. – 201913228. – Access mode: <https://doi.org/10.1073/pnas.1913228117>
9. Yu Y., Bouklas N., Landis C.M., Huang R. Poroelastic effects on the time- and rate-dependent fracture of polymer gels [Electronic resource] / J. Appl. Mech. - No.87. – 2020. – p. 1-10. – Access mode: <https://doi.org/10.1115/1.4045004>
10. Sytin A.V. Mechatronic bearing assembly of a turbogenerator of a low-power power unit [Text] / A.V. Sytin, A.A. Kirichek, A.S. Koshelev // Fundamental and applied problems of engineering and technology - Orel: OSU named after I.S. Turgenev, 2022. -№ 2(352). – Pp. 119-126.
11. Shutin D.V. Analysis of the accuracy of the readings of displacement sensors when determining the position of the rotor in liquid friction supports [Text] / D.V. Shutin, A.S. Fetisov // Fundamental and applied problems of engineering and technology – Orel: OSU named after I.S. Turgenev, 2022. -№ 3(353). – Pp. 97-102.
12. A.S. 1444570 USSR, MKP F16C 17/24. Sliding bearing / Glinin L.V. - No. 4204002; application 27.02.1987; Publ. 15.12.1988.
13. Pat. 2398142 Russian Federation, F16C 17/02, F16C 17/24, F16C 33/04, G01M 13/04. Mechatronic sliding bearing / Savin L.A., Polyakov R.N.; (GOU VO "Orel State Technical University" (OrelSTU). - No.2009118718; Application No. 18.05.09; Publ. 27.08.10, Bul. No. 24 - 5 p.
14. Rodichev A.Yu. Investigation of the possibility of using artificial neural networks for the diagnosis of rotor-bearing nodes [Text] / A.Yu. Rodichev, R.N. Polyakov, K.V. Vasiliev, E.M. Minaeva // Fundamental and applied problems of engineering and technology – Orel: OSU named after I.S. Turgenev, 2022. -№ 6(356). – Pp. 91-95.

15. A.S. 1355906 USSR, IPC G01N 3/56. Device for continuous wear control of friction pairs / Bazderkin V.A., Mironov E.A., Mamaev V.N., Gorbunov V.I. - No. 3991351; Application 19.012.85; Publ. 30.11.87.
16. Pat. 2548060 Russian Federation, G01N 3/56, G01N 21/55. Device for the study of wear of rubbing surfaces / Karlov S.P., Pokusaev B.G., Nekrasov D.A. (Moscow State Machine-Building University (MAMI) (University of Mechanical Engineering). - No.2013145962/28; Application 15.10.13; Publ. 10.04.15, Bul. No. 10. - 11 p.
17. Polyakov R.N. Software for diagnostics of a rotary system in real time [Text] / R.N. Polyakov, I.N. Stebakov, A.S. Fetisov, Yu.N. Kazakov // Fundamental and applied problems of engineering and technology – Orel: OSU named after I.S. Turgenev, 2022. -№ 5(355). – Pp. 36-43.
18. Gorin A.V. Analysis of control methods and classifications for diagnosing abnormal states [Text] / A.V. Gorin, R.K. Zaretsky, A.K. Pozdnyakov // Fundamental and applied problems of engineering and technology – Orel: OSU named after I.S. Turgenev, 2022. -№ 3(353). – Pp. 59-66.
19. A.S. 1601425 USSR, IPC F16C 17/24; F04D 29/04; F04D 29/047; F16C 33/04. Sliding bearing / Naumov V.V., Lysenko O.I., Deiner V.T., Andronov A.A., Shchigorev V.A. - No. 4490637; Application 05.10.88; PUBL. 23.10.90.
20. Fetisov A.S. Experimental analysis of the accuracy of determining the position of the rotor in liquid friction supports [Text] / A.S. Fetisov, D.V. Shutin, M.N. Smetanin, K.K. Nastepanin // Fundamental and applied problems of engineering and technology – Orel: OSU named after I.S. Turgenev, 2022. -№ 6(356). – Pp. 85-90.
21. König F., Sous C., Ouald Chaib A., Jacobs G. Events for wear monitoring in sliding bearing systems [Electronic resource] / Tribology International. – 2021. – Volume 155. – Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2020.106811>
22. Xincheng Zhuang, Sajad Saraygord Afshari, Tianxiang Yu, Xihui Liang. A hybrid model for wear prediction of a single revolute joint considering a time-varying lubrication condition [Electronic resource] / Wear. – 2020. – p. 442-443. – Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2019.203124>
23. Eder S.J., Ielchici C., Krenn S., Brandtner D. An experimental framework for determining wear in porous journal bearings operated in the mixed lubrication regime [Electronic resource] / Tribology International. - 2018. - Volume 123. – P. 1-9. – Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2018.02.026>
24. Revill P., Clarke A., Pullin R., Dennis G.. Acoustic emission monitoring of wear in aerospace self-lubricating bearing liner materials [Electronic resource] / Wear. – 2021. – p. 486-487. – Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2021.204102>
25. Sarychev G.A., Shchavelin V.M. Acoustic emission method for research and control of friction pairs [Electronic resource] / NDT & E International 1994. - Volume 27. – 1994. – P. 216. – Access mode: [https://doi.org/10.1016/0963-8695\(94\)90520-7](https://doi.org/10.1016/0963-8695(94)90520-7)
26. SEE technology for condition monitoring of bearings [Electronic resource] / Design Engineering. - Volume 27. – P. 216. – Access mode: [https://doi.org/10.1016/0963-8695\(94\)90529-0](https://doi.org/10.1016/0963-8695(94)90529-0)
27. Sarychev G.A., Shchavelin V.M. Acoustic emission method for research and control of friction pairs [Electronic resource] / Tribology International. - 1991. - Volume 24. – P. 11-16. – Access mode: [https://doi.org/10.1016/0301-679X\(91\)90056-F](https://doi.org/10.1016/0301-679X(91)90056-F)
28. Pat. 2783716 Russian Federation, F16C 17/02. Device for monitoring the wear of a sliding bearing / Rodichev A.Yu., Polyakov R.N., Popov S.G., Gorin A.V., Rodicheva I.V. (OSU named after I.S. Turgenev). - No. 2022110171; Application No. 13.04.22; Publ. 16.11.22, Bul. No. 32. - 7 p.
29. Pat. 2783323 Russian Federation, F16C 33/04, F16C 33/12. A method for manufacturing a sliding bearing with the possibility of diagnosing the extreme wear of the working surface / Rodichev A.Yu., Polyakov R.N., Gorin A.V., Rodicheva I.V., Fetisov A.S. (OSU named after I.S. Turgenev). - No. 2022114024; Application No. 24.05.22; Publ. 11.11.22, Bul. No. 32. - 8 p.
30. Certificate of state registration of the computer program 2022618435 Russian Federation. Program for monitoring the state of the sliding bearing in real time and predictive diagnostics of the extreme wear of the working surface / Rodichev A.Yu., Polyakov R.N., Nastepanin K.K., Popov S.G., Rodicheva I.V. (FSUE VO OSU named after I.S. Turgenev). - No. 2022617494; Application 25.04.22; Publ. 06.05.22. – 1 p.
31. Certificate of state registration of the computer program 2022663479 Russian Federation. Firmware of the Arduino controller for monitoring the state of sliding bearings in real time / Rodichev A.Yu., Polyakov R.N., Nastepanin K.K., Gorin A.V., Rodicheva I.V., Stebakov I.N. (I.S. Turgenev OSU Federal State Educational Institution). - No. 2022662064; Application 27.06.22; Publ. 14.07.22. – 1 p.

Rodichev Alexey Yurievich

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

Savin Leonid Alekseevich

Orel State University named after I.S. Turgenev
 doctor of technical sciences, professor of the department
 mechatronics, mechanics and robotics

Shutin Denis Vladimirovich

Orel State University named after I.S. Turgenev
 candidate of technical sciences, associate professor of the
 department mechatronics, mechanics and robotics
 302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
 E-mail: rover.ru@gmail.com

Gorin Andrei Vladimirovich

Orel State University named after I.S. Turgenev
 candidate of technical sciences, associate professor of the
 department mechatronics, mechanics and robotics

302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
E-mail: savin3257@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

302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
E-mail: gorin57@mail.ru

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

© А.Ю. Родичев, Д.В. Шутин, Л.А. Савин, А.В. Горин, И.В. Родичева, К.В. Васильев, 2023

УДК 621.82

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-133-139

М.Э. БОНДАРЕНКО, Р.Н. ПОЛЯКОВ, М.А. ТОКМАКОВА, А.Д. СЕРЕБРЕННИКОВ

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АКТИВНОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ОПОРЫ РОТОРА

Аннотация. В статье представлен анализ экспериментальных исследований активной комбинированной опоры ротора. Показана методика проведения экспериментальных исследований активной комбинированной опоры ротора. Предложена математическая модель выполненного многофакторного эксперимента. Получены развертки колебаний ротора с наложением по времени сигнала с ударного воздействия. Представлены гистограммы и полигона распределения значений экспериментальных данных. Получены зависимости изменения жесткости и демпфирования активной комбинированной опоры в зависимости от подаваемого напряжения на электромагнитные катушки. Приведены траектории движения ротора в активной комбинированной опоре. Даны рекомендации по дальнейшему изучению и применению активных комбинированных опор роторов.

Ключевые слова: анализ, эксперимент, подшипник скольжения, роторно-опорный узел; комбинированная опора, активное управление, демпфирование.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента [Текст] / – М.: Книга по Требованию, 2013. – 321 с.
2. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке [Текст] / Н.Джонсон, Ф. Лион // – М.: Москва, 1981. – 456с.
3. Корнаев А.В. Классические системы управления в регулируемых опорах жидкостного трения [Текст] / А.В. Корнаев, Д.В. Шутин, Ю.Н. Казаков // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии* – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2022. -№ 1(351). – С. 103-110.
4. Adams M.L. Rotating Machinery Vibration [Электронный ресурс] / CRC Press. – 2009. – Режим доступа <https://doi.org/10.1201/9781439847558>.
5. Сытин А.В. Мехатронный подшипниковый узел турбогенератора энергоблока малой мощности [Текст] / А.В. Сытин, А.А. Киричек, А.С. Кошелев // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии* – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2022. -№ 2(352). – С. 119-126.
6. Горин А.В. Анализ методов управления и классификаций для диагностирования аномальных состояний [Текст] / А.В. Горин, Р.К. Зарецкий, А.К. Поздняков // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии* – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2022. -№ 3(353). – С. 59-66.
7. Bentley, D.E. Fundamentals of rotating machinery diagnostics / D.E. Bentley, C.T. Hatch, B. Grissom., – Minden, NV: Текст[]// Bentley Pressurized Bearing Press, 2002. – 726 p.
8. Фетисов А.С. Экспериментальный анализ точности определения положения ротора в опорах жидкостного трения [Текст] / А.С. Фетисов, Д.В.Шутин, М.Н. Сметанин, К.К. Настепанин // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии* – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2022. -№ 6(356). – С. 85-90.
9. König F., Sous C., Ouald Chaib A., Jacobs G. Events for wear monitoring in sliding bearing systems [Электронный ресурс] / *Tribology International*. – 2021. - Volume 155. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2020.106811>.
10. Родичев А.Ю. Исследование возможности применения искусственных нейронных сетей для диагностики роторно-опорных узлов [Текст] / А.Ю. Родичев, Р.Н. Поляков, К.В. Васильев, Е.М. Минаева // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии* – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2022. -№ 6(356). – С. 91-95.

11. Yu Y., Bouklas N., Landis C.M., Huang R. Poroelastic effects on the time- and rate-dependent fracture of polymer gels [Электронный ресурс] / J. Appl. Mech. - №87. – 2020. – P. 1-10. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1115/1.4045004>.
12. Шутин Д.В. Анализ точности показаний датчиков перемещений при определении положения ротора в опорах жидкостного трения [Текст] / Д.В. Шутин, А.С. Фетисов // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии* – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2022. -№ 3(353). – С. 97-102.
13. Корнаев А.В. Классические системы управления в регулируемых опорах жидкостного трения [Текст] / Д.В. Шутин, Ю.Н. Казаков // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии* – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2022. -№ 1(351). – С. 110 - 118.
14. Лавренчик В.Н. Постановка физического эксперимента и статистическая обработка его результатов [Текст] /– М.: Энергоатомиздат, 1986.–272 с.
15. Хикс Ч. Основные принципы планирования эксперимента [Текст] /– М.: Мир, 1967. – 408с.

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

Серебренников Артем Дмитриевич

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

M.E. BONDARENKO, R.N. POLYAKOV, M.A. TOKMAKOVA, A.D. SEREBRENNIKOV

ANALYSIS OF EXPERIMENTAL STUDIES ACTIVE COMBINED ROTOR SUPPORT

Abstract. *The article presents an analysis of experimental studies of an active combined rotor support. The method of conducting experimental studies of an active combined rotor support is shown. A mathematical model of the performed multifactorial experiment is proposed. The scans of the rotor oscillations with the time overlap of the signal from the impact are obtained. Histograms and polygons of the distribution of experimental data values are presented. Dependences of changes in stiffness and damping of the active combined support depending on the applied voltage to the electromagnetic coil are obtained. The trajectories of the rotor movement in the active combined support are given. Recommendations for further study and application of active combined rotor supports are given.*

Keywords: *analysis, experiment, sliding bearing, rotary support unit; combined support, active control, damping.*

BIBLIOGRAPHY

1. Schenck H. Theory of engineering experiment [Text] / – М.: Book on Demand, 2013. – 321 p.
2. Johnson N., Lyon F. Statistics and experiment planning in engineering and science [Text] / N.Johnson, F. Lyon // – Moscow: Moscow, 1981. – 456s.
3. Kornaev A.V. Classical control systems in adjustable liquid friction supports [Text] / A.V. Kornaev, D.V. Shutin, Yu.N. Kazakov // *Fundamental and applied problems of engineering and technology* – Орел: OSU named after I.S. Turgenyev, 2022. -№ 1(351). – Pp. 103-110.
4. Adams M.L. Rotating Machinery Vibration [Electronic resource] / CRC Press. – 2009. – Access mode <https://doi.org/10.1201/9781439847558>.
5. Sytin A.V. Mechatronic bearing assembly of a turbogenerator of a low-power power unit [Text] / A.V. Sytin, A.A. Kirichek, A.S. Koshelev // *Fundamental and applied problems of engineering and technology* - Орел: OSU named after I.S. Turgenyev, 2022. -№ 2(352). – Pp. 119-126.
6. Gorin A.V. Analysis of control methods and classifications for diagnosing abnormal states [Text] / A.V. Gorin, R.K. Zaretsky, A.K. Pozdnyakov // *Fundamental and applied problems of engineering and technology* – Орел: OSU named after I.S. Turgenyev, 2022. -№ 3(353). – Pp. 59-66.
7. Bentley, D.E. Fundamentals of rotating machinery diagnostics / D.E. Bentley, C.T. Hatch, B. Grissom., □ Minden, NV: Text[]// Bentley Pressurized Bearing Press, 2002. - 726 p.
8. Fetisov A.S. Experimental analysis of the accuracy of determining the position of the rotor in liquid friction supports [Text] / A.S. Fetisov, D.V.Shutin, M.N. Smetanin, K.K. Nastepanin // *Fundamental and applied problems of engineering and technology* – Eagle: OSU named after I.S. Turgenyev, 2022. -№ 6(356). – Pp. 85-90.

9. König F., Sous C., Ouald Chaib A., Jacobs G. Events for wear monitoring in sliding bearing systems [Electronic resource] / Tribology International. – 2021. – Volume 155. – Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2020.106811>.

10. Rodichev A.Yu. Investigation of the possibility of using artificial neural networks for the diagnosis of rotor-bearing nodes [Text] / A.Y. Rodichev, R.N. Polyakov, K.V. Vasiliev, E.M. Minaeva // Fundamental and applied problems of engineering and technology – Orel: OSU named after I.S. Turgenev, 2022. -№ 6(356). – Pp.91-95.

11. Yu Y., Bouklas N., Landis C.M., Huang R. Poroelectric effects on the time- and rate-dependent fracture of polymer gels [Electronic resource] / J. Appl. Mech. - No.87. – 2020. – p. 1-10. – Access mode: <https://doi.org/10.1115/1.4045004>

12. Shutin D.V. Analysis of the accuracy of motion sensor readings when determining the position of the rotor in liquid friction supports [Text] / D.V. Shutin, A.S. Fetisov // Fundamental and applied problems of engineering and technology – Orel: OSU named after I.S. Turgenev, 2022. -№ 3(353). – Pp. 97-102.

13. Kornaeв A.V. Classical control systems in adjustable liquid friction supports [Text] / D.V. Shutin, Yu.N. Kazakov // Fundamental and applied problems of engineering and technology – Orel: OSU named after I.S. Turgenev, 2022. -№ 1(351). – P. 110-118.

14. Lavrenchik V.N. Setting up a physical experiment and statistical processing of its results [Text] / – Moscow: Energoatomizdat, 1986. – 272 p.

15. Hicks Ch. Basic principles of experiment planning [Text] / – Moscow: Mir, 1967. – 408s.

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

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

Tokmakova Maria Andreevna

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

Serebrennikov Artem Dmitrievich

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

© М.Э. Бондаренко, Р.Н. Поляков, М.А. Токмакова, А.Д. Серебренников, 2023

ПРИБОРЫ, БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 535.361+004.94

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-140-147

Е.В. ЖАРКИХ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБЪЁМА ДЛЯ ПОРТАТИВНОГО УСТРОЙСТВА ЛАЗЕРНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ

Аннотация. В работе описывается процесс и результаты численного моделирования методом Монте-Карло распространения оптического излучения в канале лазерной доплеровской флоуметрии портативного диагностического устройства. Распространение оптического излучения моделировалось в многослойной модели кожи двух типов, отличающихся структурными и функциональными особенностями (гладкая и негладкая кожа). Изучена глубина проникновения зондирующего излучения для анализируемой конфигурации портативного устройства лазерной доплеровской флоуметрии с учетом различающихся анатомических особенностей исследуемых биологических тканей. Полученные результаты позволяют обосновать специализированные медико-технические требования к портативным устройствам, реализующим метод лазерной доплеровской флоуметрии без применения оптических волокон.

Ключевые слова: лазерная доплеровская флоуметрия, оптические свойства, моделирование Монте-Карло, портативные устройства, медико-технические требования.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 23-25-00522).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крупаткин, А.И. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: Колебания, информация, нелинейность. Руководство для врачей. Изд. 2-е. [Текст] / А.И. Крупаткин, В.В. Сидоров – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 496 с.

2. Дунаев, А.В. Мультимодальная оптическая диагностика микроциркуляторно-тканевых систем организма человека: монография [Текст] / А.В. Дунаев. – Старый Оскол: ТНТ, 2022. — 440 с.: ил.
3. Dremin, V. Multimodal optical measurement for study of lower limb tissue viability in patients with diabetes mellitus [Text] / V. Dremin, E. Zherebtsov, V. Sidorov, A. Krupatkin, I. Makovik, A. Zherebtsova, E. Zharkikh, E. Potapova, A. Dunaev, A. Doronin, A. Bykov, I. Rafailov, K. Litvinova, S. Sokolovski, E. Rafailov // Journal of Biomedical Optics, 2017. Vol. 22(8). P. 085003.
4. Zherebtsova, A.I. Multimodal Optical Diagnostics of the Microhaemodynamics in Upper and Lower Limbs [Text] / A.I. Zherebtsova, V.V. Dremin, I.N. Makovik, E.A. Zherebtsov, A.V. Dunaev, A. Goltsov, S.G. Sokolovski, E.U. Rafailov // Frontiers in Physiology, 2019. Vol. 10. P. 416.
5. Сидоров, В.В. Система локальных анализаторов для неинвазивной диагностики общего состояния компарментов микроциркуляторно-тканевой системы кожи человека [Текст] / В.В. Сидоров, Ю.Л. Рыбаков, В.М. Гукасов, Г.С. Евтушенко // Медицинская техника, 2022. Т. 55, № 6. С. 4-6.
6. Дунаев, А.В. Методы биомедицинской фотоники в решении задач диагностики [Текст] / А.В. Дунаев, Е.В. Потапова, Ю.И. Локтионова, Е.О. Брянская, К.Ю. Кандурова, И.Н. Новикова // Медицинская техника, 2022. Т. 5(335). С. 27-31.
7. Локтионова, Ю.И. Исследование возрастных и патологических особенностей параметров микрогемодинамики в норме и при сахарном диабете 2 типа с помощью носимых лазерных доплеровских флоуметров [Текст] / Ю.И. Локтионова, Е.В. Жарких, А.И. Жеребцова, И.О. Козлов, Е.А. Жеребцов, Г.И. Масалыгина, А.В. Дунаев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, 2019. № 6(338). С. 131-137.
8. Горшков, А.Ю. Параметры кожной перфузии по данным дистанционной лазерной доплеровской флоуметрии у мужчин с впервые выявленной артериальной гипертензией [Текст] / А.Ю. Горшков, А.И. Королев, А.А. Федорович, К.В. Омеляненко, В.А. Дадаева, О.М. Драпкина // Профилактическая медицина, 2022. Т. 25, № 5-2. С. 19-20.
9. Федорович, А.А. Нарушения микроциркуляторного кровотока в коже предплечья в острую фазу COVID-19 по данным лазерной доплеровской флоуметрии [Текст] / А.А. Федорович, Д.С. Марков, М.В. Малишевский, О.О. Юдаков, А.Ю. Горшков, А.В. Балдин, Д.М. Жук, А.Ю. Спасенов, А.И. Королев, А.В. Коптелов, О.М. Драпкина // Регионарное кровообращение и микроциркуляция, 2022. Т. 21. № 3(83). С. 56-63.
10. Saha, M. Wearable Laser Doppler Flowmetry Sensor: A Feasibility Study with Smoker and Non-Smoker Volunteers [Text] / M. Saha, V.V. Dremin, I.E. Rafailov, A.V. Dunaev, S.V. Sokolovski, E.U. Rafailov // Biosensors, 2020. Vol. 10(12). P. 201.
11. Жарких, Е.В. Контроль параметров микроциркуляции крови при терапии альфа-липовоевой кислотой у пациентов с сахарным диабетом [Текст] / Е.В. Жарких, Ю.И. Локтионова, В.В. Сидоров, А.И. Крупаткин, Г.И. Масалыгина, А.В. Дунаев // Физиология человека, 2022. Т. 48, № 4. С. 120–130.
12. Фролов, А.В. Исследование изменений кожной микроциркуляции крови при выполнении дыхательной техники хатха-йоги [Текст] / А.В. Фролов, Ю.И. Локтионова, Е.В. Жарких, В.В. Сидоров, А.И. Крупаткин, А.В. Дунаев // Регионарное кровообращение и микроциркуляция, 2022. Т. 20, № 4. С. 33-44.
13. Дунаев, А.В. Методы и приборы неинвазивной медицинской спектrophотометрии: пути обоснования специализированных медико-технических требований [Текст] / А.В. Дунаев, Е.А. Жеребцов, Д.А. Рогаткин // Приборы, 2011. № 1. С. 40-48.
14. Dunaev, A.V. Substantiation of medical and technical requirements for noninvasive spectrophotometric diagnostic devices [Text] / A.V. Dunaev, E.A. Zherebtsov, D.A. Rogatkin, N.A. Stewart, S.G. Sokolovski, E.U. Rafailov // Journal of Biomedical Optics, 2013. Vol 18(10). P. 107009.
15. Vestita, M. Anatomy and Physiology of the Skin [Text] / M. Vestita, P. Tedeschi, D. Bonamonte // Textbook of Plastic and Reconstructive Surgery, 2022. – Springer, Cham. P. 3-13.
16. Рогаткин, Д.А. Метрологическое обеспечение методов и приборов неинвазивной медицинской спектrophотометрии [Текст] / Д.А. Рогаткин, А.В. Дунаев, Л.Г. Лапаева // Медицинская техника, 2010. Т. 2. С. 30-7.
17. Дрёмин, В.В. Аналитический обзор подходов к математическому моделированию флуоресценции биологических тканей [Текст] / В.В. Дрёмин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, 2016. № 6(320). С. 92-102.
18. Пушкарева, А.Е. Методы математического моделирования в оптике биоткани. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 103 с.
19. Cloud based Monte Carlo tool for photon transport, www.biophotonics.fi. Accessed: 2022-11-14.
20. Dremin, V. Influence of blood pulsation on diagnostic volume in pulse oximetry and photoplethysmography measurements [Text] / V. Dremin, E. Zherebtsov, A. Bykov, A. Popov, A. Doronin, I. Meglinski // Applied Optics, 2019. Vol. 58(34). P. 9398-9405.
21. Doronin, A.V. Online Object Oriented Monte Carlo computational tool for the needs of biomedical optics [Text] / A.V. Doronin, I.V. Meglinski // Biomedical Optics Express, 2011. Vol. 2(9). P. 2461-2469.
22. Jacques, S.L. Optical properties of biological tissues: a review [Text] / S.L. Jacques // Physics in Medicine & Biology, 2013. Vol. 58, № 11. P. R37.
23. Vo-Dinh, Tuan, ed. Biomedical photonics handbook: biomedical diagnostics. CRC press, 2014.

Жарких Елена Валерьевна

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орёл, Россия
 аспирант кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация», стажер–исследователь научно–технологического центра биомедицинской фотоники
 Россия, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95

E.V. ZHARKIKH

SAMPLING VOLUME SIMULATION FOR A WEARABLE LASER DOPPLER FLOWMETRY DEVICE

Abstract. *This paper describes the process and results of numerical Monte Carlo simulation of optical radiation propagation in laser Doppler flowmetry and fluorescence spectroscopy channels of a portable diagnostic device. Optical radiation propagation was simulated in a multilayer skin model of two types differing in structural and functional features. The penetration depth of probing radiation for the analyzed configuration of the portable laser Doppler flowmetry device was studied taking into account the different anatomical features of the biological tissues. The results obtained allow the formation of specialized medical and technical requirements for portable devices implementing laser Doppler flowmetry and fluorescence spectroscopy channels.*

Keywords: *laser Doppler flowmetry, fluorescence spectroscopy, optical non-invasive diagnostics, optical properties, Monte Carlo simulations, portable devices.*

BIBLIOGRAPHY

1. Krupatkin, A.I. Funkcionalnaya diagnostika sostoyaniya mikrocirkulyatorno-tkanevnykh sistem: Kolebaniya, informatsiya, nelineynost. Rukovodstvo dlya vrachej. Izd. 2-e. [Tekst] / A.I. Krupatkin, V.V. Sidorov – M.: LENAND, 2016. – 496 s. (In Russ.).
2. Dunaev, A.V. Multimodalnaya opticheskaya diagnostika mikrocirkulyatorno-tkanevnykh sistem organizma cheloveka: monografiya [Tekst] / A.V. Dunaev. – Staryj Oskol: TNT, 2022. — 440 s.: il. (In Russ.).
3. Dremin, V. Multimodal optical measurement for study of lower limb tissue viability in patients with diabetes mellitus [Text] / V. Dremin, E. Zherebtsov, V. Sidorov, A. Krupatkin, I. Makovik, A. Zherebtsova, E. Zharkikh, E. Potapova, A. Dunaev, A. Doronin, A. Bykov, I. Rafailov, K. Litvinova, S. Sokolovski, E. Rafailov // Journal of Biomedical Optics, 2017. Vol. 22(8). P. 085003.
4. Zherebtsova, A.I. Multimodal Optical Diagnostics of the Microhaemodynamics in Upper and Lower Limbs [Text] / A.I. Zherebtsova, V.V. Dremin, I.N. Makovik, E.A. Zherebtsov, A.V. Dunaev, A. Goltsov, S.G. Sokolovski, E.U. Rafailov // Frontiers in Physiology, 2019. Vol. 10. P. 416.
5. Sidorov, V.V. A System of Local Analyzers for Noninvasive Diagnostics of the General State of the Tissue Microcirculation System of Human Skin [Text] / V.V. Sidorov, Yu.L. Rybakov, V.M. Gukasov, G.S. Evtushenko // Biomedical Engineering, 2022. Vol. 55, №6. P. 379-382.
6. Dunaev, A.V. Metody biomeditsinskoj fotoniki v reshenii zadach diagnostiki [Tekst] / A.V. Dunaev, E.V. Potapova, YU.I. Loktionova, E.O. Bryanskaya, K.Yu. Kandurova, I.N. Novikova // Medicinskaya tekhnika, 2022. Vol. 5(335). P. 27-31. (In Russ.).
7. Loktionova, Yu.I. Issledovanie vozrastnykh i patologicheskikh osobennostej parametrov mikrogemodinamiki v norme i pri saharanom diabete 2 tipa s pomoshchyu nosimyykh lazernyykh dopplerovskikh floumetrov [Tekst] / Yu.I. Loktionova, E.V. Zharkikh, A.I. Zherebtsova, I.O. Kozlov, E.A. Zherebtsov, G.I. Masalygina, A.V. Dunaev // Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii, 2019. № 6(338). P. 131-137. (In Russ.).
8. Gorshkov, A.Yu. Parameters of skin perfusion according to the data of remote laser doppler flowmetry in men with newly detected arterial hypertension [Tekst] / A.Yu. Gorshkov, A.I. Korolev, A.A. Fedorovich, K.V. Omelyanenko, V.A. Dadaeva, O.M. Drapkina // The Russian Journal of Preventive Medicine, 2022. Vol. 5, № 2. P. 19-20. (In Russ.).
9. Fedorovich, A.A. Microcirculatory disorders in the forearm skin in the acute phase of COVID-19 according to laser Doppler flowmetry [Tekst] / A.A. Fedorovich, D.S. Markov, M.V. Malishevsky, O.O. Yudakov, A.Yu. Gorshkov, A.V. Baldin, D.M. Zhuk, A.Yu. Spasenov, A.I. Korolev, A.V. Koptelov, O.M. Drapkina // Regional blood circulation and microcirculation, 2022. Vol. 21(3). P. 56-63. (In Russ.).
10. Saha, M. Wearable Laser Doppler Flowmetry Sensor: A Feasibility Study with Smoker and Non-Smoker Volunteers [Text] / M. Saha, V.V. Dremin, I.E. Rafailov, A.V. Dunaev, S.V. Sokolovski, E.U. Rafailov // Biosensors, 2020. Vol. 10(12). P. 201.
11. Zharkikh, E.V. Control of Blood Microcirculation Parameters in Therapy with Alpha-Lipoic Acid in Patients with Diabetes Mellitus [Text] / E.V. Zharkikh, Yu.I. Loktionova, V.V. Sidorov, A.I. Krupatkin, G.I. Masalygina, A.V. Dunaev // Human Physiology, Vol. 48(4). P. 456-464.
12. Frolov, A.V. Investigation of changes in the skin blood microcirculation when performing the hatha yoga breathing technique [Tekst] / Yu.I. Loktionova, E.V. Zharkikh, V.V. Sidorov, A.I. Krupatkin, A.V. Dunaev // Regional blood circulation and microcirculation, 2021. Vol. 20(4). P. 33-44. (In Russ.).
13. Dunaev, A.V. Metody i pribory neinvazivnoj medicinskoj spektrofotometrii: puti obosnovaniya spetsializirovannykh mediko-tekhnicheskikh trebovanij [Tekst] / A.V. Dunaev, E.A. Zherebtsov, D.A. Rogatkin // Pribory, 2011. № 1. S. 40-48. (In Russ.).
14. Dunaev, A.V. Substantiation of medical and technical requirements for noninvasive spectrophotometric diagnostic devices [Text] / A.V. Dunaev, E.A. Zherebtsov, D.A. Rogatkin, N.A. Stewart, S.G. Sokolovski, E.U. Rafailov // Journal of Biomedical Optics, 2013. Vol 18(10). P. 107009.

15. Vestita, M. Anatomy and Physiology of the Skin [Text] / M. Vestita, P. Tedeschi, D. Bonamonte // Textbook of Plastic and Reconstructive Surgery, 2022. – Springer, Cham. P. 3-13.
16. Rogatkin, D.A. Metrological Support of Methods and Devices for Noninvasive Medical Spectrophotometry [Text] / D.A. Rogatkin, A.V. Dunaev, L.G. Lapaeva // Biomed. Engineering, 2010. Vol. 44(2). P. 66-70.
17. Dremin, V.V. Analiticheskij obzor podhodov k matematicheskomu modelirovaniyu fluorescencii biologicheskikh tkanej [Tekst] / V.V. Dremin // Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii, 2016. № 6(320). P. 92-102. (In Russ.).
18. Pushkareva, A.E. Metody matematicheskogo modelirovaniya v optike biotkani. Uchebnoe posobie. – SPb: SPbGU ITMO, 2008. – 103 p. (In Russ.).
19. Cloud based Monte Carlo tool for photon transport, www.biophotonics.fi. Accessed: 2022-11-14.
20. Dremin, V. Influence of blood pulsation on diagnostic volume in pulse oximetry and photoplethysmography measurements [Text] / V. Dremin, E. Zherebtsov, A. Bykov, A. Popov, A. Doronin, I. Meglinski // Applied Optics, 2019. Vol. 58(34). P. 9398-9405.
21. Doronin, A.V. Online Object Oriented Monte Carlo computational tool for the needs of biomedical optics [Text] / A.V. Doronin, I.V. Meglinski // Biomedical Optics Express, 2011. Vol. 2(9). P. 2461-2469.
22. Jacques, S.L. Optical properties of biological tissues: a review [Text] / S.L. Jacques // Physics in Medicine & Biology, 2013. Vol. 58, № 11. P. R37.
23. Vo-Dinh, Tuan, ed. Biomedical photonics handbook: biomedical diagnostics. CRC press, 2014.

Zharkikh Elena Valerievna

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

Postgraduate Student of the Department «Instrument Engineering, Metrology and Certification», research assistant of Research & Development Center of Biomedical Photonics

Russia, Orel, st. Komsomolskaya, 95

E-mail: ev.zharkikh@gmail.com

© Е.В. Жарких, 2023

УДК 629.127.4.073

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-148-154

Я.Н. ГАЙНУЛЛИНА, М.И. КАЛИНИН, П.К. СОПИН, В.А. ТИТКОВ

РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ДЕСАТУРАЦИИ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Аннотация. В работе рассматриваются особенности конструкции и технологии изготовления специального лабораторного стенда для удаления растворенных газов из дыхательных жидкостей и смесей описаны ультразвуковой, вакуумный и мембранный методы десатурации (дегазации) дыхательных жидкостей.

Ключевые слова: жидкостное дыхание, дегазация, ультразвук, вакуум, биообъекты, аэратор.

Работа выполнена при поддержке программы Приоритет-2030 ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» (стратегический проект №2 "Прорывные исследования и разработки в области жидкостного дыхания").

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гайнуллина Я.Н. Развитие технологий жидкостного дыхания для обеспечения длительных глубоководных исследований / Я.Н. Гайнуллина, М.И. Калинин, Е.В. Пашков, В.П. Поливцев // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии.* – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2021. – № 6 (350). – С. 194-199.
2. Авторское свидетельство №764677 СССР, МПК А61Н 31/02 Аппарат жидкостного дыхания / Бачелис И.А., Бураковский В.И., Люкевич И.А., Аванов В.Ф.; заявл. 03.07.1980; опубл. 23.09.1980. Бюл. № 35. – 13 с.
3. Гайнуллина Я.Н. Исследование работоспособности элементов систем жизнеобеспечения биологических объектов в реализации технологий жидкостного дыхания / Я.Н. Гайнуллина, Е.В. Пашков, М.И. Калинин, В.П. Поливцев, П.К. Сопин, А.А. Четверкин // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии.* – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2022. – № 1 (351). – С. 148 – 154.
4. Гайнуллина Я.Н. Техническое обеспечение процессов жидкостного дыхания / Я.Н. Гайнуллина, Е.В. Пашков, М.И. Калинин, П.К. Сопин // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии.* – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2022. – № 4 (354). – С. 3 – 9.
5. Поливцев В.П. Индивидуальный аппарат жидкостного дыхания с замкнутой циркуляцией дыхательной жидкости / В.П. Поливцев, Е.В. Пашков, В.В. Поливцев, М.И. Калинин, // *Автоматизация и измерения в машино – приборостроении.* – Севастополь: СевГУ – 2022. – № 1 (17). – С.88 -95.
6. Иванов С.Н. Подводные средства движения: учебное пособие / С.Н. Иванов, О.В. Матицын. Новосибирск, 2004. – 22 с.
7. Пат. 188198U1 Российская Федерация, МПК В63С11/02, Буксировщик водолаза / Трошин П. В., Трошин Д. П., Лебедев С. Ю., Лебедев А. С.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный морской технический университет" (СПбГМТУ) (RU) – № 2018143621; заявл. 10.12.2018.; опубл. 2019.04.02. Бюл. № 10. – 15 с.

8. Пат. GB 1286145 Великобритания, Improvements in and relating to diver transport vehicle / опубл. 1972.08.23.

9. Боровиков П.А. Обживание человеком морских глубин. Системы жизнеобеспечения. – Л.: Судостроение, 1989. – 403 с.

10. Кулагин В.В. Теория морских биотехнических систем / В.В. Кулагин, Б.А. Журин. – Севастополь.: НПЦ «Гидрофизика», 2010. – 331 с.

11. Пат. 2732639 Российская Федерация, МПК А61Н31/00, А61М16/00. Аппарат вентиляции лёгких жидкостью / Шишков А. Ю., Безруков А. А., Бонитенко Е. Ю., Тоньшин А. А., Глухов Д. В.; заявитель и патентообладатель Фонд перспективных исследований. – № RU2020112413А; заявл. 26.03.2020; опубл. 21.09.2020. Бюл. № 27. – 15.

Гайнуллина Яна Николаевна

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,

Научный сотрудник лаборатории «Экспериментальные системы жизнеобеспечения биологических объектов» г. Севастополь, ул. Гоголя, д. 14
тел. +7(8692) 417741
e-mail: medeya-ru@yandex.ru

Калинин Михаил Иванович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,

кандидат технических наук, доцент, руководитель группы лаборатории «Экспериментальные системы жизнеобеспечения биологических объектов» г. Севастополь, ул. Гоголя, д. 14
тел. +7(8692) 417741
e-mail: kalininsev@mail.ru

Сопин Павел Константинович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,

Старший научный сотрудник лаборатории «Экспериментальные системы жизнеобеспечения биологических объектов» г. Севастополь, ул. Гоголя, д. 14
тел. +7(8692) 417741
pavel.sopin@gmail.com

Титков Владислав Анатольевич

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,

Инженер I категории лаборатории «Экспериментальные системы жизнеобеспечения биологических объектов» г. Севастополь, ул. Гоголя, д. 14
тел. +7(8692) 417741
vlad-titkov@yandex.ru

YA.N. GAINULLINA, M.I. KALININ, P.K. SOPIN, V.A. TITKOV

DEVELOPMENT AND MANUFACTURE OF AN EXPERIMENTAL STAND FOR DESATURATION OF RESPIRATORY FLUIDS

Abstract. *The paper discusses the design features and manufacturing technology of a special laboratory stand for the removal of dissolved gases from respiratory fluids and mixtures, describes ultrasonic, vacuum and membrane methods of desaturation (degassing) of respiratory fluids.*

Keywords: *liquid respiration, degassing, ultrasound, vacuum, bio-objects, aerator.*

BIBLIOGRAPHY

1. Gaynullina Y.N. Razvitie tehnologiy zidkostnogo dihaniya dlya obespecheniya dlitelnih glybokovodnih Issledovaniy / Y.N. Gaynullina, M.I. Kalinin, E.V. Pashkov, V.P. Polivcev // Fyndamentalnie I prikladnie problemi tehniki I tehnologii. – Orel: OGU im. I.S. Turgeneva. 2021. – №6 (350). – S. 194 – 199.

2. Avtorskoe svidetelstvo 764677 SSSR, МПК А61Н 31/02 Apparat zidkostnogo dihaniya / Bachelis I.A., Byrakovskiy V.I., Lukevich I.A., Avinov V.F.; zayavl. 03.07.1980; opubl. 23.09.1980. Bul. № 35. – 13 s.

3. Gaynullina Y.N. Issledovanie rabotosposobnosti elementov sistem zizneobespecheniya biologicheskikh obektov v realizacii tehnologiy zidkostnogo dihaniya / Y.N. Gaynullina, E.V. Pashkov, M.I. Kalinin, V.P. Polivcev, P.K. Sopin, A.A. Chetverkin // Fyndamentalnie I prikladnie problemi tehniki I tehnologii. – Orel: OGU im. I.S. Turgeneva. 2022. – №1 (351). – S. 148 – 154.

4. Gaynullina Y.N. Tehnicheskoe obespechenie processov zidkostnogo dihaniya / Y.N. Gaynullina, E.V. Pashkov, M.I. Kalinin, P.K. Sopin // Fyndamentalnie I prikladnie problemi tehniki I tehnologii. – Orel: OGU im. I.S. Turgeneva. 2022. – № 4 (354). – S. 3 – 9.

5. Polivcev V.P. Individualniy apparat zidkostnogo dihaniya s zamknutoy cirkulyaciey dihatelnoy zidkosti / V.P. Polivcev, E.V. Pashkov, V.V. Polivcev, M.I. Kalinin // Avtomatizaciya i izmereniya v mashino – priborostroeniya. – Sevastopol: SevGY – 2022. – № 1 (17). – S.88 - 95.

6. Ivanov S.N. Podvodnie sredstva dvizeniya: ychebnoe posobie / S.N. Ivanov, O.V. Maticin. Novosibirsk, 2004. – 22 s.

7. Pat. 188198U1 Rosiyskaya Federaciya, МПК V63S11/02, Byksirovsczik vodolaza / Troshin P. V., Troshin D. P., Lebedev S. U., Lebedev A. S.; zayavitel i patentoobladatel federalnoe gosudarstvennoe budzetnoe obrazovatelnoe ycherzdenie visshego obrazovaniya "Sankt-Peterbyrgskiy gosudarstvenniy morskoy tehnichekiy universitet" (RU) – № 2018143621; zayavl. 10.12.2018.; opubl. 2019.04.02. Bul. № 10. – 15 с.

8. Pat. GB 1286145 Velikobritaniya, Improvements in and relating to diver transport vehicle / opubl. 1972.08.23.
9. Borovikov P.A. Obzhivanie chelovekom morskikh glybin. Sisnemi zhizneobespecheniya – L.: Sydstroenie, 1989. – 403 s.
10. Kylagin V.V. Teoriya morskikh diotekhnicheskikh sistem / V.V. Kylagin, B.A. Zhyrid. – Sevastopol.: NPTS «Gidrofizika», 2010. – 331 s.
11. Pat. 2732639 Rosiyskaya Federaciya, MPK A61N31/00, A61M16/00. Apparat ventilyatsii legkih zhidkosti / Shishkov A. IU., Bezrykov A. A., Bonitenko E.IU., Tonshin A.A., Glyhov D.V.; zayavitel i patentoobladatel Fond perspektivnih issledovaniy. – № RU2020112413A; zayavl. 26.03.2020; opubl. 21.09.2020. Bul. № 27. – 15.

Gainullina Yana Nikolaevna
Sevastopol State University,
Researcher at the laboratory "Experimental life Support systems of biological objects", Sevastopol,
Gogol str., 14
tel. +7(8692) 417741
e-mail: medeya-ru@yandex.ru

Sopin Pavel Konstantinovich
Sevastopol State University,
Senior researcher of the laboratory "Experimental life support systems of biological objects"
Sevastopol, Gogol str., 14
tel. +7(8692) 417741
pavel.sopin@gmail.com

Kalinin Mikhail Ivanovich
Sevastopol State University,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the laboratory group "Experimental life support systems for biological objects"
Sevastopol, Gogol str., 14 tel. +7(8692) 417741
e-mail: kalinin sv@mail.ru

Titkov Vladislav Anatolyevich
Sevastopol State University,
Engineer of the 1st category of the laboratory "Experimental life support systems of biological objects"
Sevastopol, Gogol str., 14
tel. +7(8692) 417741
vlad-titkov@yandex.ru

© Я.Н. Гайнуллина, М.И. Калинин, П.К. Сопин, В.А. Титков, 2023

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

УДК 621.315.615.2

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-155-161

А.Н. БАКЛАНОВ

МЕТОД ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО-ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РЕЗОНАНСНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ РС ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Аннотация. *Статья посвящена разработке нового метода последовательно-параллельной резонансной идентификации, позволяющий определять параметры активных и реактивных элементов, входящих в состав исследуемых объектов. В качестве исследуемого объекта, автором статьи, рассматривается трансформаторное масло, которое широко используется в масляных трансформаторах. Для подтверждения работоспособности метода проведен вычислительный эксперимент по определению емкости и активного сопротивления пробы трансформаторного масла в программном пакете Micro-Cap. Проведенный вычислительный эксперимент показал, что методическая погрешность заявленного подхода не превышает 0,02%. Для реализации информационно-измерительной системы, реализующей метод последовательно-параллельной резонансной идентификации, предложено использовать комплекс сбора и обработки данных National Instruments PXI с установленным программным обеспечением National Instruments Labview и National Instruments Multisim.*

Ключевые слова: *трансформатор, трансформаторное масло, идентификация, эксперимент, labview, national instruments, microcap.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Липштейн Р.А., Шахнович М.И. Трансформаторное масло. М.: Энергоатомиздат, 1983, 296 с.
2. Валиуллина Д.М., Ильясова Ю.К., Козлов В.К. Качественные методы спектрального анализа в диагностике трансформаторных масел // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2019. Т. 21. № 1-2. С. 87-92.
3. J. Wada, G. Ueta, S. Okabe and T. Amimoto, "Method to evaluate the degradation condition of transformer insulating oil - establishment of the evaluation method and application to field transformer oil," in IEEE Transactions on

Dielectrics and Electrical Insulation, vol. 22, no. 2, pp. 1266-1274, April 2015, doi: 10.1109/TDEI.2015.7076830.

4. Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Версии 9, 10. – Смоленск, Смоленский филиал НИУ МЭИ, 2013. – 618 с.

5. Евдокимов Ю. К., Линдваль В. Р., Щербаков Г. И. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. – М.: ДМК Пресс, 2007. - 400 с.

6. Трэвис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех. 4-е издание, переработанное и дополненное М.: ДМ К Пресс, 2015. - 904 с.

7. Q. Zhang, M. Li and G. Cai, "Research on the Oil Supply System of a Vehicle Integrated Transmission Based on LabVIEW," 2019 IEEE 3rd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC), 2019, pp. 448-451

8. H. Qin, R. Dang and B. Dang, "Design of upper computer for wellhead multi-parameter detection based on LabVIEW," 2022 7th International Conference on Intelligent Computing and Signal Processing (ICSP), 2022, pp. 1240-1244

9. A. -j. G. C. Abad, L. M. Faeda G. Guerrero, J. K. M. Ignacio, D. C. Magtibay, M. A. C. Purio and E. Q. Raguindin, "A simulation of a power surge monitoring and suppression system using LabVIEW and multisim co-simulation tool," 2015 International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM), 2015, pp. 1-3

10. M. Y. I. Zia and M. Rashid, "A Novel Laboratory Experimental Platform Using LabVIEW and Multisim Environments," 2021 National Computing Colleges Conference (NCCC), 2021, pp. 1-6

Бакланов Алексей Николаевич

ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И.

Платова», г. Новочеркасск

Ассистент кафедры ИИСТ

«Информационные и измерительные системы и технологии»

346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

Тел. 8(951) 527-91-46

E-mail: baklanov-88@mail.ru

A.N. BAKLANOV

METHOD OF SERIES-PARALLEL RESONANT IDENTIFICATION OF RC PARAMETERS OF TRANSFORMER OIL

Abstract. *The article is devoted to the development of a new method of series-parallel resonant identification, which makes it possible to determine the parameters of active and reactive elements that make up the objects under study. As an object under study, the author of the article considers transformer oil, which is widely used in oil transformers. To confirm the efficiency of the method, a computational experiment was carried out to determine the capacitance and active resistance of a transformer oil sample in the Micro-Cap software package. The conducted computational experiment showed that the methodological error of the proposed approach does not exceed 0.02%. To implement an information-measuring system that implements the method of serial-parallel resonant identification, it is proposed to use the National Instruments PXI data acquisition and processing complex with the installed software National Instruments Labview and National Instruments Multisim.*

Keywords: *transformer, transformer oil, identification, experiment, labview, national instruments, microcap.*

BIBLIOGRAPHY

1. Lipshtein R.A., Shakhnovich M.I. transformer oil. Moscow: Energoatomizdat, 1983, 296 p.

2. Valiullina D.M., Ilyasova Yu.K., Kozlov V.K. Qualitative methods of spectral analysis in the diagnostics of transformer oils // Izvestia of higher educational institutions. ENERGY PROBLEMS. 2019. V. 21. No. 1-2. pp. 87-92.

3. J. Wada, G. Ueta, S. Okabe and T. Amimoto, "Method to evaluate the degradation condition of transformer insulating oil - establishment of the evaluation method and application to field transformer oil," in IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, vol. 22, no. 2, pp. 1266-1274, April 2015, doi: 10.1109/TDEI.2015.7076830.

4. Amelina M.A., Amelin S.A. Circuit simulation program Micro-Cap. Versions 9, 10. - Smolensk, Smolensk branch of NRU MPEI, 2013. - 618 p.

5. Evdokimov Yu. K., Lindval V. R., Shcherbakov G. I. LabVIEW for a radio engineer: from a virtual model to a real device. - М.: ДМК Press, 2007. - 400 p.

6. Travis J., Kring J. LabVIEW for everyone. 4th edition, revised and supplemented М.: DM K Press, 2015. - 904 p.

7. Q. Zhang, M. Li and G. Cai, "Research on the Oil Supply System of a Vehicle Integrated Transmission Based

on LabVIEW," 2019 IEEE 3rd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC), 2019, pp. 448-451

8. H. Qin, R. Dang and B. Dang, "Design of upper computer for wellhead multi-parameter detection based on LabVIEW," 2022 7th International Conference on Intelligent Computing and Signal Processing (ICSP), 2022, pp. 1240-1244

9. A. -j. G. C. Abad, L. M. Faeda G. Guerrero, J. K. M. Ignacio, D. C. Magtibay, M. A. C. Purio and E. Q. Raguindin, "A simulation of a power surge monitoring and suppression system using LabVIEW and multisim co-simulation tool," 2015 International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM), 2015, pp. 1-3

10. M. Y. I. Zia and M. Rashid, "A Novel Laboratory Experimental Platform Using LabVIEW and Multisim Environments," 2021 National Computing Colleges Conference (NCCC), 2021, pp. 1-6

Baklanov Alexey Nikolaevich

FSBEI HPE "South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov, Novocherkassk

Assistant of the Department of IIST

«Information and measuring systems and technologies»

346428, Rostov region, Novocherkassk, st. Enlightenment, 132

Tel. 8(951) 527-91-46

E-mail: baklanov-88@mail.ru

© А.Н. Бакланов, 2023

УДК 681.5:621.432.3

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-162-168

К.Н. ОСИПОВ, А.Г. БАРАНОВ, С.А. МАВРИН

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

***Аннотация.** Приводится обоснование концепции повышения эффективности (точности и достоверности результатов) производственных (приемосдаточных, контрольных и др.) испытаний конструктивно сложных поршневых двигателей внутреннего сгорания на основе анализа специфики процедур организации технологических процессов оценивания технических состояний изделий по результатам измерений информативных параметров. Показаны недостатки существующих методов формирования решений о пригодности изделий к условиям будущей эксплуатации в ходе приемосдаточных испытаний, введена классификация методов оценивания технических состояний. Сформулировано аналитическое представление задачи повышения эффективности приемосдаточных испытаний двигателей внутреннего сгорания в виде решения задачи оптимизации функционала, характеризующего среднюю величину потери достоверности и точности процедур принятия решений.*

Ключевые слова: моделирование, надежность, испытания, диагностика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Охтилев М.Ю. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов / М.Ю. Охтилев, Б.В. Соколов, Р.М. Юсупов. – М.: Наука, 2006, 410 с.
2. Щербаков А.Г. Организационно-экономический механизм внедрения цифровых технологий на предприятиях оборонно-промышленного комплекса России / А.Г. Щербаков // М.: Издательство «Институт экономических стратегий», издательство «Перспект», 2019. — 176 с.
3. Павленко Е.А. Статистические методы диагностирования технического состояния ав-томобильных транспортных средств // Автомобильная промышленность. – 2009. – №7. – С 29 – 30.
4. Анимица Е.Г., Анимица П.Е., Глумов А.А. Импортзамещение в промышленном производстве региона: концептуально-теоретические и прикладные аспекты / Е. Г. Анимица, П. Е. Анимица, А. А. Глумов // Экономика региона. — 2015. — №3. — С. 160-172.
5. Абрамов, О. В. Об оценке вероятности наступления рисковог о события: функционально-параметрический подход / О. В. Абрамов // Надежность и качество сложных систем. – 2016. – № 1. – С. 24–31.
6. Новиков В.В., Новикова М.В., Прогнозирование опасного состояния сложных технических систем. Журнал «Военная мысль» №5 - 2017. Стр.50-54.
7. Pervukhina, E., Osipov, K., Golikova, V. (2015) Lowering toxic concentrations in the diesel exhaust gases // Communications in Computer and Information Science, Special Issue "Optimization in the Natural Sciences," pp. 118-128.

8. Новиков В.В. Теоретические основы обеспечения безаварийной эксплуатации современных изделий машиностроения: монография / В.В. Новиков, К.Н. Осипов. – Севастополь – ФГАОУ ВО «ЧВВМУ», 2022. – 249 с.:ил.

9. Ключев В.В., Соснин Ф.Р., Ковалев А.В. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник. – М.: Машиностроение, 2005. – 656 с.

10. Pervukhina, E., Emmenegger J.-F. Adaptive time series filters obtained by minimization of the Kullback-Leibler divergence criterion // International Journal of Applied Mathematics, 2005. – Vol. 17. – № 1. – P.69-89.

11. Haikin, S. Neural networks / S. Hykin. – Moscow: Publishing house «Williams», 2006. – 1103 p

12. Осипов К.Н. Применение сверточных нейронных сетей для оценки технических состояний изделий машиностроения / К.Н. Осипов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии -- №5(355) – 2022 – С.150 – 158.

Осипов Константин Николаевич
ФГАОУ ВО Севастопольский
государственный университет, г.
Севастополь, кандидат технических
наук, доцент кафедры «Приборные
системы и автоматизация
технологических процессов».
299053, г. Севастополь, ул.
Университетская 33.
Тел. +7(8692)-55-00-77,
Email: assistenttmm@mail.ru

Баранов Алексей Геннадьевич
ФГАОУ ВО Севастопольский
государственный университет, г.
Севастополь, кандидат
экономических наук, доцент,
заведующий кафедрой
«Экономика предприятия».
299053, г. Севастополь, ул.
Университетская 33.

Маврин Сергей Анатольевич
ФГАОУ ВО Севастопольский
государственный университет,
Севастополь, кандидат
технических наук, доцент,
кафедры «Информационная
безопасность», 299053, г.
Севастополь, ул.
Университетская 33.

K.N. OSIPOV, A.G. BARANOV, S.A. MAVRIN

QUESTION OF IMPROVING EFFICIENCY PRODUCTION TESTING OF RECIPROCATING INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Abstract. *A method is substantiated for estimating the moments of the origin of defects (malfunctions) caused by fatigue failures of mechanical elements, as well as parts of machines and mechanisms of general engineering products. As an illustrative example, the process of recognition of the moments of initiation and development of fatigue failures in bearing assemblies based on the results of measuring vibration characteristics in real time operation is considered.*

Keywords: *modeling, diagnostics, reliability, production testing.*

BIBLIOGRAPHY

1. Okhtilev M.Yu. Intelligent technologies for monitoring and managing the structural dynamics of complex technical objects / M.Yu. Okhtilev, B.V. Sokolov, R.M. Yusupov. – М.: Nauka, 2006, 410 p.

2. Shcherbakov A.G. Organizational and economic mechanism for the introduction of digital technologies at the enterprises of the military-industrial complex of Russia / A.G. Shcherbakov // М.: Publishing house "Institute of Economic Strategies", publishing house "Prospekt", 2019. - 176 p.

3. Pavlenko E.A. Statistical methods for diagnosing the technical condition of motor vehicles // Automotive industry. - 2009. - No. 7. – From 29 – 30.

4. Animitsa E.G., Animitsa P.E., Glumov A.A. Import substitution in the industrial production of the region: conceptual, theoretical and applied aspects / E. G. Animitsa, P. E. Animitsa, A. A. Glumov // Economics of the region. - 2015. - No. 3. - S. 160-172.

5. Abramov, O. V. On assessing the probability of a risk event: a functional-parametric approach / O. V. Abramov // Reliability and quality of complex systems. - 2016. - No. 1. - P. 24–31.

6. V. V. Novikov and M. V. Novikova, Forecasting the dangerous state of complex technical systems. Journal "Military Thought" No. 5 - 2017. P. 50-54.

7. Pervukhina, E., Osipov, K., Golikova, V. (2015) Lowering toxic concentrations in the diesel exhaust gases // Communications in Computer and Information Science, Special Issue "Optimization in the Natural Sciences," pp. 118-128.

8. Novikov V.V. Theoretical foundations for ensuring trouble-free operation of modern mechanical engineering products: monograph / V.V. Novikov, K.N. Osipov. - Sevastopol - FGAOU VO "CHVVMU", 2022. - 249 p.: ill.

9. Klyuev V.V., Sosnin F.R., Kovalev A.V. Non-destructive testing and diagnostics. Directory. - М.: Mashinostroenie, 2005. - 656 p.

10. Pervukhina, E., Emmenegger J.-F. Adaptive time series filters obtained by minimization of the Kullback-Leibler divergence criterion // International Journal of Applied Mathematics, 2005. – Vol. 17. - No. 1. - P.69-89.

11. Haikin, S. Neural networks / S. Hykin. - Moscow: Publishing house "Williams", 2006. - 1103 p

12. Osipov K.N. Application of convolutional neural networks to assess the technical conditions of mechanical engineering products / K.N. Osipov // Fundamental and applied problems of engineering and technology - No. 5 (355) - 2022 - P. 150 - 158.

Osipov Konstantin Nikolaevich
Sevastopol State University,
Sevastopol, Russian Federation,
PhD, Docent (Associate
Professor), Department of
Instrument systems and
Automation of Technological
Processes 299053, Sevastopol,
Universytetskay st. 33.
Тел. +7(978)-77-89-455,
Email: assistenttmm@mail.ru

Baranov Alexey Gennadievich
Sevastopol State University,
Sevastopol, Candidate of Economic
Sciences, Associate Professor, Head
of the Department of Enterprise
Economics. 299053, Sevastopol, st.
University 33.

Mavrin Sergey Anatolievich
Sevastopol State University, Sevastopol,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, Associate Professor
of the Information Security Department,
299053, Sevastopol, st. University 33.

© К.Н. Осипов, А.Г. Баранов, С.А. Маврин, 2023

УДК 687.17:632.111.6

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-169-176

А.В. АБРАМОВ, Д.М. ДЯДЯ, М.В. РОДИЧЕВА

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

Аннотация: *Представлена установка для измерения коэффициента теплопроводности волокнистых материалов, предназначенных для производства СИЗ от пониженных температур. Рассмотрены ее конструктивные особенности, которые позволяют независимо регулировать параметры нагрева и охлаждения поверхностей образца как в сухом, так и во влажном состояниях. Приведены результаты численного моделирования режимов эксперимента, которые позволяют точнее понять принципы проведения испытаний, реализованные в конструкции установки. Представлены результаты ее верификации с эталонным средством измерения.*

В совокупности конструктивные изменения обеспечивают более полное соответствие режимов проведения эксперимента особенностям эксплуатации СИЗ в условиях умеренного и сильного холода. Использование установки при проведении испытаний волокнистых материалов позволяет получать более точные результаты измерения коэффициента теплопроводности волокнистых материалов. Это, в свою очередь, позволяет повысить качество СИЗ от пониженных температур.

Ключевые слова: *СИЗ от пониженных температур, умеренный холод, волокнистые материалы, численное моделирование, коэффициент теплопроводности.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. CN 101251502 B China, Apparatus and method for measuring textile heat conduction, thermal diffusivity and volumetric heat capacity / 左磊 朱苏康 杨红英 邹文静, Inventor 左磊 朱苏康 杨红英 邹文静; Filing date 09.04.2008; Publication date. – 16 P.
2. CN109001252A China, Test device of thermal conductivity coefficient // Inventor 李俞先胡家渝; Filing date 28.06.2018, Publication 2018-12-14. – 12 P.
3. CN111487282A China, Device and method for measuring heterogeneous content in porous material with limited thickness // Inventor 张腾飞唐可欣; Filing date 18.05.2020, Publication 04.08.2020. – 14 P.
4. Xu, D.H. A model of heat and moisture transfer through the parallel pore textiles / D.H. Xu, J.X. Cheng, X.H. Zhou // Journal of Fiber Bioengineering & Informatics – 2010 – №10 – P. 1151–1156.
5. Xu, D.H. Inverse problem of textile material design at low temperature / D.H. Xu, Y.B. Chen, J.X. Cheng // Journal Textile Research – 2011 – №32 – P. 24–28.
6. Xu, D.H. Numerical solution of a dynamic model of heat and moisture transfer in porous fabric under low temperature / D.H. Xu, M.B. Ge, H.L. Zhang // International Journal of Heat and Mass Transfer – 2013 – №61 – P. 149–15
7. Кошечев В.С. Физиология и гигиена индивидуальной защиты человека от холода / В.С. Кошечев. – М.: Медицина, 1981. – 288 с.
8. Полезная модель. 166709. Российская Федерация, МПК G01N 25/18 Установка для прецизионных бесконвекционных измерений тепловой проницаемости материалов при температурах, близких к комнатной / Шампаров Е.Ю., Жагина И.Н. // Патентобладатель Шампаров Е.Ю. – №2016112200/28; заявл. 01.04.2016; опубл. 10.12.2016 Зарегистрировано в Гос. реестре полезных моделей РФ 17.11.2016 – 29 с.

Абрамов Антон Вячеславович
ФГБОУ ВО «Российский
государственный университет
имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)»,
г. Москва.
Доктор технических наук,
профессор кафедры
материаловедения и товарной
экспертизы
119071, г. Москва, ул. Малая
Калужская, 1
Тел. 8(961) 627-88-88
E-mail: Ant-lin88@mail.ru

Дядя Даниил Максимович
ФГБОУ ВО «Российский
государственный университет
имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн.
Искусство)», г. Москва,
студент кафедры
материаловедения и товарной
экспертизы
119071, г. Москва, ул. Малая
Калужская, 1
Тел. 8(961) 627-88-88
E-mail: Dadada37@gmail.com

Родичева Маргарита Всеволодовна
ФГБОУ ВО «Орловский
государственный университет им.
И.С. Тургенева».
Кандидат технических наук, зав.
кафедрой индустрии моды
302026, г.Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел. 8(920) 287-93-32
E-mail: rodicheva.unpk@gmail.com

A.V. ABRAMOV, D.M. DADA, M.V. RODICHEVA

DEVELOPMENT OF TESTING METHODS FOR QUALITY INDICATORS OF MEANS OF PERSONAL PROTECTION AGAINST LOW TEMPERATURES

Abstract: *An apparatus for measuring the thermal conductivity of fibrous materials intended for the production of PPE from low temperatures is presented. Its design features are considered, which allow one to independently control the parameters of heating and cooling of the sample surfaces both in dry and wet states. The results of numerical simulation of the experimental modes are presented, which make it possible to more accurately understand the principles of testing implemented in the installation design. The results of its verification with a reference measuring instrument are presented.*

Taken together, the design changes provide a more complete correspondence between the experimental modes and the features of PPE operation in conditions of moderate and severe cold. The use of the setup when testing fibrous materials makes it possible to obtain more accurate results of measuring the thermal conductivity of fibrous materials. This, in turn, improves the quality of PPE from low temperatures.

Keywords: *PPE against low temperatures, moderate cold, fibrous materials, numerical simulation, thermal conductivity coefficient*

BIBLIOGRAPHY

1. CN 101251502 B China, Apparatus and method for measuring textile heat conduction, thermal diffusivity and volumetric heat capacity / 左磊 朱苏康 杨红英 邹文静, Inventor 左磊 朱苏康 杨红英 邹文静; Filing date 09.04.2008; Publication date. – 16 P.
2. CN109001252A China, Test device of thermal conductivity coefficient // Inventor 李俞先胡家渝; Filing date 28.06.2018, Publication 2018-12-14. – 12 P.
3. CN111487282A China, Device and method for measuring heterogeneous content in porous material with limited thickness // Inventor 张腾飞唐可欣; Filing date 18.05.2020, Publication 04.08.2020. – 14 P.
4. Xu, D.H. A model of heat and moisture transfer through the parallel pore textiles / D.H. Xu, J.X. Cheng, X.H. Zhou // Journal of Fiber Bioengineering & Informatics – 2010 – №10 – P. 1151–1156.
5. Xu, D.H. Inverse problem of textile material design at low temperature / D.H. Xu, Y.B. Chen, J.X. Cheng // Journal Textile Research – 2011 – №32 – P. 24–28.
6. Xu, D.H. Numerical solution of a dynamic model of heat and moisture transfer in porous fabric under low temperature / D.H. Xu, M.B. Ge, H.L. Zhang // International Journal of Heat and Mass Transfer – 2013 – №61 – P. 149–15
7. Koshcheev V.S. Fiziologiya i gigiena individualnoj zashchity cheloveka ot holoda / V.S. Koshcheev. – M.: Meditsina, 1981. – 288 s.
8. Poleznaya model 166709. Rossiyskaya Federatsiya, MPK G01N 25/18 Ustanovka dlya pretsezionnykh beskonveksionnykh izmerenij teplovoj pronitsayemosti materialov pri temperaturakh, blizkikh k komnatnoj / Shamparov E.U., Zhagrina I.N. // Patenoobladatel Shamparov E.U. – № 2016112200/28; zayavl. 01.04.2016; oopubl. 10.12.2016 Zaregistrirovano v Gosreestre poleznykh modelej RF 17.11.2016 – 29 s.

Abramov Anton Vyacheslavovich
Russia State U A.N. Kosygin
(Technology. Design. Art), Moscow

Dada Daniil Maksimovich
Russia State U A.N. Kosygin
(Technology. Design. Art),
Moscow

Rodicheva Margarita Vsevolodovna
Orel State University.
Cand. Tech. Sci.
302026, Orel, Komsomolskaya st., 95
Ph. 8(920) 287-93-32

Doct. Tech. sci, professor
Department of Materials Science
and Commodity Expertise
119071, Moscow, Malaya
Kaluzhskaya, 1
Ph. 8(961) 627-88-88
E-mail: Ant-lin88@mail.ru

Doct. Tech. sci, professor
Department of Materials Science
and Commodity Expertise
119071, Moscow, Malaya
Kaluzhskaya, 1
Ph. 8(961) 627-88-88
E-mail: Dadada37@gmail.com

E-mail: rodicheva.unpk@gmail.com

© А.В. Абрамов, Д.М. Дядя, М.В. Родичева, 2023

УДК 621.9.06

DOI: 10.33979/2073-7408-2023-357-1-177-185

А.В. НЕМЕНКО, М.М. НИКИТИН

ПРОГНОЗ РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Аннотация. Предложена методика оценки вероятности нахождения технического объекта в работоспособном состоянии с помощью дальнего прогноза временных рядов контрольных параметров. Объект рассматривается как система из элементов, соединенных в общем случае по полному графу, переход к фактическим связям осуществляется добавлением условных всегда включенных или всегда отключенных элементов. В качестве контрольных параметров используются величины, обладающие свойствами вероятностной меры, в частности, коэффициент готовности или коэффициент безотказной работы. Каждый элемент проверяется на отказ работоспособности и отказ функционирования, контрольный параметр по нему рассматривается как произведение вероятностных мер, описывающих обратные события. В качестве итогового прогноза для всей системы рассматривается асимптотика вычисленного параметра в окрестности бесконечности. Для её построения используется функция, проходящая через известные значения и обладающая рядом ограничений, по которым находятся коэффициенты её разложения в ряд Пуанкаре. Для них мы приводим выражения в дифференциальном и интегральном виде, а также формулы непосредственного суммирования, применимые для широкого класса технических объектов.

Ключевые слова: дальний прогноз, асимптотика, отказ работоспособности, отказ функционирования, нестационарный процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ушаков И.А. Курс теории надежности систем/И.А. Ушаков//М.: Дрофа, 2008 – 242 с.
2. Xie M., Dai Y. S., Poh K. L. Computing system reliability: models and analysis. – Springer Science & Business Media, 2004. – 306р.
3. Hauschild M.Z., Rosenbaum R.K., Olsen S.I. Life Cycle Assessment Theory and Practice – Springer Verlag, 2017. – 1215 p.
4. J. Janssen, N. Limnios (Eds.), Semi-Markov Models and Applications. – Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1999. – 404р.
5. Лаврентьев М.А. Методы теории функций комплексного переменного/М.А. Лаврентьев, Б.В. Шабат – М.: Наука, 1987. – 688 с.
6. Неменко А.В. Прогнозная оценка эксплуатационной выносливости механических агрегатов/А.В. Неменко, М.М. Никитин // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*, 2019, №4(342), с.181 - 185.
7. Неменко А.В. Прогнозная оценка технического состояния сложной механической системы/А.В. Неменко, М.М. Никитин//*Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*, 2021, №1(345),с.39 - 54.
8. Неменко А.В. Прикладные вопросы оценки технического состояния судовых механических систем/А.В. Неменко, М.М. Никитин – М.: Инфра-М, 2017 – 174с.
9. Nemenko A.V., Nikitin M.M. Synthesis of The Reflective Surface on the Elastic Shell – IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 971(4), 042058
10. Неменко А.В. Дальний прогноз эксплуатационной надежности производственной системы/А.В. Неменко, М.М. Никитин//*Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*, 2022, №4(354),с.58 - 64.

11. Неменко А.В. Прогнозная оценка параметров теплового поля судовой энергетической установки/ А.В. Неменко, М.М. Никитин// Вестник СевНТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. – Севастополь, 2014. – вып. 148 – с. 207 – 210.

12. Неменко А.В. Управление финишной обработкой криволинейной поверхности по критерию геометрического соответствия/А.В. Неменко, М.М. Никитин//Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, 2019, №4-1(336),с.191 - 196.

Неменко Александра Васильевна

ФГАОУ «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническая механика и машиноведение»

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

FORECAST OF TECHNICAL OBJECT OPERATION STATE

Abstract. *A technique is proposed for estimating the probability of finding a technical object in a working state using a long-range forecast of time series of control parameters. The object is considered as a system of elements connected in the general case according to a complete graph, the transition to actual connections is carried out by adding conditional always on or always off elements. As control parameters, quantities are used that have the properties of a probabilistic measure, in particular, the availability factor or the failure-free operation factor. Each element is checked for operability failure and operation failure, the control parameter for it is considered as a product of probability measures describing reverse events. As a final prediction for the entire system, the asymptotics of the calculated parameter in the neighborhood of infinity is considered. To construct it, a function is used that passes through known values and has a number of restrictions, according to which the coefficients of its expansion in the Poincaré series are found. For them, we present expressions in differential and integral form, as well as direct summation formulas applicable to a wide class of technical objects.*

Keywords: *long-range forecast, asymptotics, operability failure, functioning failure, non-stationary process*

BIBLIOGRAPHY

1. Ushakov I.A. Kurs teorii nadezhnosti sistem/I.A. Ushakov//M.: Drofa, 2008 – 242 s.
2. Xie M., Dai Y. S., Poh K. L. Computing system reliability: models and analysis. – Springer Science & Business Media, 2004. – 306p.
3. Hauschild M.Z., Rosenbaum R.K., Olsen S.I. Life Cycle Assessment Theory and Practice – Springer Verlag, 2017. – 1215 p.
4. J. Janssen, N. Limnios (Eds.), Semi-Markov Models and Applications. – Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1999. – 404p.
5. Lavrentev M.A. Metody teorii funkcij kompleksnogo peremennogo/M.A. Lavrentev, B.V. Shabat – M.: Nauka, 1987. – 688 s.
6. Nemenko A.V. Prognoznaja ocenka jekspluatacionnoj vynoslivosti mehanicheskikh agregatov/A.V. Nemenko, M.M. Nikitin 2021, №4(342),s.181 - 185.
7. Nemenko A.V. Prognoznaja ocenka tehničeskogo sostojanija slozhnoj mehanicheskoj sistemy/A.V. Nemenko, M.M. Nikitin//Fundamentalnye i prikladnye problemy tehniki i tehnologii, 2021, №1(345),s.39 - 54.
8. Nemenko A.V. Prikladnye voprosy ocenki tehničeskogo sostojanija sudovyh mehanicheskikh sistem/A.V. Nemenko, M.M. Nikitin – M.: Infra-M, 2017 – 174s.
9. Nemenko A.V., Nikitin M.M. Synthesis of The Reflective Surface on the Elastic Shell – IOP Conference Series: Materials Science and Engineeringthis, 2020, 971(4), 042058
10. Nemenko A.V. Prognoznaja ocenka parametrov teploвого polja sudovoj jenergeticheskoj ustanovki/ A.V. Nemenko, M.M. Nikitin// Vestnik SevNTU. Ser. Mehanika, jenergetika, jekologija: sb. nauch. tr. – Sevastopol, 2014. – vyp. 148 – s. 207 – 210.
11. Nemenko A.V. Upravlenie finishnoj obrabotkoj krivolinejnoj poverhnosti po kriteriju geometricheskogo sootvetstvija/A.V. Nemenko, M.M. Nikitin//Fundamentalnye i prikladnye problemy tehniki i tehnologii, 2019, №4-1(336),s.191 - 196.
12. Nemenko A.V. Upravlenie finishnoj obrabotkoj krivolinejnoj poverhnosti po kriteriju geometricheskogo sootvetstvija/A.V. Nemenko, M.M. Nikitin//Fundamentalnye i prikladnye problemy tehniki i tehnologii, 2019, №4-1(336),s.191 - 196.

FSAEI HE Sevastopol State University, Sevastopol
Ph.D. in Tech Science, assistant professor of chair
«Technical Mechanics and Machine Science»
Universitetskaya st, 33, Sevastopol, Russian Federation,
299053
Phone. +79788330519
E-mail: valesan@list.ru

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

© А.В. Немченко, М.М. Никитин, 2023

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

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

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 27.02.2023 г.
Дата выхода в свет 17.03.2023 г.
Формат 70X108/16. Усл. печ. л. 11,625
Цена свободная. Тираж 1000 экз.
Заказ №78

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