

Редакционная

Главный редактор

Радченко С.Ю. д-р техн. наук, проф.

Заместители главного редактора:

Барсуков Г.В. д-р техн. наук, проф.

Гордон В.А. д-р техн. наук, проф.

Подмастерьев К.В. д-р техн. наук, проф.

Савин Л.А. д-р техн. наук, проф.

Шоркин В.С. д-р физ.-мат. наук, проф.

Члены редколлегии:

Бухач А. д-р техн. наук, проф. (Польша)

Голенков В.А. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Дьяконов А.А. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Емельянов С.Г. д-р техн. наук, проф. (Россия)

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

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

Киричек А.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Копылов Ю.Р. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Кузичкин О.Р. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Кухарь В.Д. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Лавриненко В.Ю. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Ли Шэнбо. канд. техн. наук, доц. (Китай)

Мирсалимов В.М. д-р физ.-мат. наук, проф.

(Азербайджан)

Мулюкин О.П. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Осадчий В.Я. д-р техн. наук, проф. (Россия)

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

Поляков Р.Н. д-р техн. наук, доц. (Россия)

Распопов В.Я. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Смоленцев В.П. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Солдаткин В.М. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Старовойтов Э.И. д-р физ.-мат. наук, проф.

(Беларусь)

Степанов Ю.С. д-р техн. наук, проф. (Россия)

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

Ответственный секретарь:

Тюхтя А.В. канд. техн. наук

Адрес редакции

302030, г. Орел, ул. Московская, 34

+7(920)2806645, +7(906)6639898

http://oreluniver.ru

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»

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2019

Содержание

Теоретическая механика и ее приложения

Бурилич И.Н., Толстова Г.С., Тютюнов Д.Н. Инновационные особенности анализа
реологической модели металлических конструкций..... 3

Механика деформируемого твердого тела, динамика и прочность

Романенко Э.А., Русских Г.С., Соколовский З.Н. Повышение звукоизоляционной
характеристики сетчато-пластинчатой панели путем оптимизации геометрии пластин..... 9

Машиностроительные технологии и оборудование

Владимиров А.А., Афонин А.Н., Макаров А.В., Назарова М.Ю. Геометрическая модель
шероховатости при точении с маятниковыми колебаниями резца..... 15

Пешехонов К.Ю., Тарапанов А.С. Особенности расчета компонентов высоты профиля
шероховатости боковых поверхностей зубьев спиральных колес..... 20

Приборы, биотехнические системы и технологии

Малютин Д.М. Гавиметрические комплексы для аэро и морских измерений..... 26

Матюхин С.И., Фроленков К.Ю., Малый Д.О., Вишняков А.С., Орлов Е.Ю., Санников М.Д.
Компьютерное моделирование термомеханических деформаций, возникающих при
производстве и эксплуатации силовых полупроводниковых модулей паяной конструкции..... 35

Родичева М.В., Абрамов А.В., Локтионова Ю.И., Жеребцова А.И. Развитие методов
исследования микроциркуляции крови и теплового состояния человека при оценке
эксплуатационной эффективности одежды..... 42

Контроль, диагностика, испытания и управление качеством

Шкатов П.Н., Дидин Г.А., Ермолаев А.А. Определение послойного распределения
эквивалентной удельной электрической проводимости в многослойных углепластиковых
композиционных материалах вихревым методом..... 52

Материалы международной научно-технической конференции

«Динамика, надежность и долговечность механических и биомеханических систем»

Секция «Теоретическая и прикладная механика»

Аблаев А.Р. Критерии эффективности оборудования (элементов систем)..... 59

Заморёнов М.В., Карташов Л.Е., Копт В.Я. Идентификация законов распределения по
экспериментальным данным нейронными сетями..... 66

Гневко А.И., Соловов С.Н., Мукомела М.В., Челноков А.В. Способы применения акустической
эмиссии для обеспечения надежности и долговечности металлоконструкций..... 77

Иванов Е.А., Калаев В.А., Шумилин С.А. К выбору числа лопастей рабочего колеса
обратимой гидромашины..... 84

Иванов А.В., Соколова О.В., Лагощина Е.В., Миронова М.О. Конечный элементный анализ
процесса холодной прокатки труб на станках ХПТ..... 88

Кононенко А.С., Соловьева А.А. Сорбционно-диффузионное взаимодействие с рабочими
жидкостями анаэробных полимерных составов и наноконструкций на их основе..... 101

Лавриненко В.Ю., Поляков А.О., Мирвелян Т.А. Проектирование конструкции штампа для
изготовления кольцевых деталей методом сжатия..... 105

Мрочек Ж.А., Станчик Е.В. Влияние состояния поверхности и толщины плазменных
покрытий на физико-механические свойства стальных образцов..... 110

Никитин Ю.Р., Трефилов С.А., Никитин Е.В. Идентифицируемость модели привода
мехатронного устройства на базе двигателя постоянного тока по измерительной матрице..... 114

Пахалюк В.И., Поляков А.М. Отечественное моделирующее устройство для испытания
тотальных эндопротезов тазобедренного сустава на износ..... 123

Секция «Технологии и инструменты»

Ксенофонтова В.А., Аблаев А.Р., Аблаев Р.Р. Методика определения скорости движения транспортного
средства в момент столкновения по остаточным деформациям элементов конструкций..... 130

Антимонов В.А., Иванов А.В. Проектирование гасителей вибрации проводов воздушных систем
энергоснабжения на основе применения метода активного планирования эксперимента..... 135

Аркадьева О.А., Чемакина Т.Л. Определение нагрузок, действующих на опорные колонны СПбУ..... 150

Богучий В.Б., Шрон Л.Б. Оценка уровня перенапряженности гибких
механообрабатывающих модулей..... 155

Куксенова Л.И., Алексеева М.С., Хренникова И.А., Гресс М.А. Влияние условий азотирования
конструкционных сталей на их эксплуатационные свойства и структурный метод оценки
качества поверхностного слоя..... 163

Моисеев А.А., Миронова М.О., Соколова О.В. Особенности формовки сложных тонкостенных
замкнутых профилей..... 172

Соколова О.В., Лагощина Е.В., Иванов А.В. Исследование усилий в заготовке при холодной
периодической прокатке..... 177

Шарифуллин И.А., Носко А.Л., Сафронов Е.В. Стенд для натурных ресурсных испытаний
гравитационных роликовых конвейеров для паллет..... 183

Неменко А.В., Никитин М.М. Управление финишной обработкой криволинейной
поверхности по критерию геометрического соответствия..... 191

Калинин М.И., Пашиков Е.В., Сопин П.К., Гайнуллина Я.Н. Особенности проектирования и
технология изготовления морской глубоководной капсулы..... 197

Editorial Committee

Editor-in-chief

Radchenko S.Yu. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editor-in-chief Assistants:

Barsukov G.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Gordon V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.

Podmasteryev K.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Savin L.A. Doc. Sc. Tech., Prof.

Shorkin V.S. Doc. Sc. Ph. - Math., Prof.

Member of editorial board:

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

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

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

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

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

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

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

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

Kuzichkin O.R. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Kukhar V.D. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Lavrynenko V.Yu. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Li Shenbo. Cand. Sc. Tech., Assist. Prof. (China)

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

Mulyukin O.P. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

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

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

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

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

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

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

Starovoitov A.I. Doc. Sc. Ph. - Math., Prof. (Belarus)

Stepanov Yu.S. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Heifets M.I. Doc. Sc. Tech., Prof. (Belarus)

Executive secretary:

Tyukhta A.V. Candidate Sc. Tech.

Address

302030 Orel, Moskovskaya ul., 34

+7(920)2806645, +7(906)6639898

http://oreluniver.ru

E-mail: radsu@rambler.ru

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

Index on the catalogue of the
«Pressa Rossii» 29504

© Orel State University, 2019

Contents

Theoretical mechanics and its applications

Burilich I.N., Tolstova G.S., Tyutyunov D.N. Innovative peculiarities of analysis of metal constructions rheological model..... 3

Mechanics of deformable solids, dynamics and strength

Romanenko E.A., Reskikh G.S., Sokolovsky Z.N. Increase of sound insulation of the grid-plate panel by optimizing the plates geometry..... 9

Machine-building technologies and equipment

Vladimirov A.A., Afonin A.N., Makarov A.V., Nazarova M.Yu. Geometrical model of roughness at a turning with pendular vibrations of the cutter..... 15

Peshekhonov K.Yu., Tarapanov A.S. The characteristics calculations of the components of the height profile of the roughness of the side surfaces of the teeth of spiroid wheels..... 20

Devices, biotechnical systems and technologies

Malyutin D.M. Gavimetric complexes for aero and marine measurements..... 26

Matyukhin S.I., Frolenkov K.Yu., Malyi D.O., Vishnyakov A.S., Orlov E.Yu., Sannikov M.D. Computer simulation of the thermomechanical deformations arising in the manufacturing and operation of power semiconductor modules of soldered construction..... 35

Rodicheva M.V., Abramov A.V., Loktionova Yu.I., Zhrebtsova A.I. Development methods research microcirculation blood and thermal states person evaluation operational efficiency clothes..... 42

Monitoring, Diagnostics, Testing and Quality Management

Shkatov P.N., Didin G.A., Ermolaev A.A. Determination of the layered distribution of the equivalent electrical conductivity in a multidirectional carbon fiber reinforced polymer materials by eddy current method..... 52

Materials of the international scientific and technical conference

«Dynamics, reliability and durability of mechanical and biomechanical systems»

Section «Theoretical and Applied Mechanics»

Ablaev A.R. Criteria of equipment efficiency (system elements)..... 59

Zamorenov M.V., Kartashov L.E., Kopp V.Y. Identification of distribution laws by experimental data by neural networks..... 66

Gnevko A.I., Solovov S.N., Mukomela M.V., Chelnokov A.V. Methods of acoustic emission application to ensure the reliability and durability of metal structures..... 77

Ivanov E.A., Kalaev V.A., Shumilin S.A. About choose of the blades number of the impeller of centrifugal a pump-turbine..... 84

Ivanov A.V., Sokolova O.V., Lagoshina E.V., Mironova M.O. Finite-element analysis of cold pipes rolling on pilger mills..... 88

Kononenko A.S., Solovyeva N.A. Sorption-diffusion interaction anaerobic polymers and nanocomposites based on them with working fluids..... 101

Lavrinenko V.Yu., Polyakov A.O., Mirvelyan T.A. Design of tools for manufacture of ring parts by compression..... 105

Mrochek J.A., Stanchik E.V. Influence of the state of the surface and thickness of plasma coatings on the physical-mechanical properties of steel samples..... 110

Nikitin Yu.R., Treftlov S.A., Nikitin E.V. Identifiability of the mechatronic device drive model on the dc motor basis using measuring matrix..... 114

Pakhaliuk V.I., Poliakov A.M. The domestic simulator for wear testing of total hip replacements..... 123

Section «Technologies and Tools»

Ksenofontova V.A., Ablaev A.R., Ablaev R.R. The method of determining the velocity of the vehicle at the time of collision on the residual deformation of structural elements..... 130

Antimonov V.A., Ivanov A.V. Designing of vibration dampers of wires on the basis of experimental design technique..... 135

Arkadieva O.A., Chemakina T.L. Determination of loads acting on the supporting columns, jack-up..... 150

Bogutsky V.B., Shron L.B. Assessment of the level of readjustment flexible machining modules..... 155

Kuksenova L.I., Alekseeva M.S., Chrennikova I.A., Gress M.A. The effect of nitriding conditions on structural steels on their performance properties and structural method for assessing the quality of the surface layer..... 163

Moiseev A.A., Mironova M.O., Sokolova O.V. Rollforming of complex thin-walled closed profiles..... 172

Sokolova O.V., Lagoshina E.V., Ivanov A.V. Research efforts in the billet by cold pilger process..... 177

Sharifullin I.A., Nosko A.L., Safronov E.V. Device for natural resource tests of gravitational roller conveyors for pallets..... 183

Nemenko A.V., Nikitin M.M. Control of curved surface finishing by the criterion of geometrical accordance..... 191

Kalinin M.I., Pashkov E.V., Sopin P.K., Gainullina Y.N. Features design and manufacturing technology of deep sea capsule..... 197

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

УДК 621.81

И.Н. БУРИЛИЧ, Г.С. ТОЛСТОВА, Д.Н. ТЮТЮНОВ

ИННОВАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ АНАЛИЗА РЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. В статье предлагается инновационная версия реологической модели для исследования образцов металлических конструкций на основе дифференциального уравнения Риккати. Определяются пределы использования найденных формул на практике при вычислении уровней нагруженности, деформирования, связи между ними. Изложение материала сопровождается графической иллюстрацией полученных результатов.

Ключевые слова: инновации, реологическая модель, дифференциальное уравнение Риккати, уровни нагруженности и деформирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента РФ от 07.05.2018 № 204 (ред. от 19.07.2018) «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» – URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения 11.11.2018).
2. Бондаренко В.М., Колчунов В. И., Ключева Н. В. Некоторые предложения к развитию теории конструктивной безопасности и живучести статически неопределимых конструктивных систем // Строительная механика и расчет сооружений. 2012. № 6. С. 7–12.
3. Михельсон–Ткач В.Л. Повышение технологичности конструкций. М.: Машиностроение, 1988. — 104 с.
4. Susanto T., Cheong H.K., Kuang K.L., Geng J.Z. Punching shear strength of slabs with openings and supported on rectangular columns [Прочность на продавливание плит с отверстиями и опиранием на прямоугольные колонны] // ACI Structural Journal, 2004. Vol. 101. No. 5. Pp. 678–687.
5. Филонов И. П., Баршай И. Л. Инновации в технологии машиностроения; Высшая школа – Москва, 2009. – 112 с.

Бурилич Ирина Николаевна
ФГБОУ «Курский
государственный университет»
Кандидат технических наук,
доцент кафедры алгебры,
геометрии и ТОМ
305000, г. Курск, ул. Радищева, 33
E-mail: burili4@yandex.ru

Толстова Галина Семеновна
ФГБОУ «Курский
государственный университет»
Кандидат физико–математических
наук, доцент кафедры алгебры,
геометрии и ТОМ
305000, г. Курск, ул. Радищева, 33
E-mail: tolstova_gs@list.ru

Тютюнов Дмитрий Николаевич
ФГБОУ «Юго–Западный
государственный университет»
Кандидат технических наук, доцент
кафедры высшей математики
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября,
94
E-mail: tjutjunov@mail.ru

I.N. BURILICH, G.S. TOLSTOVA, D.N. TYUTYUNOV

INNOVATIVE PECULIARITIES OF ANALYSIS OF METAL CONSTRUCTIONS RHEOLOGICAL MODEL

Abstract. The article proposes an innovative version of the rheological model for the study of samples of metal structures based on Riccati differential equation. The limits of usage of the found formulae in practice while calculating levels of loading, deformation and connection between them are found. The material contains graphical illustrations of the result.

Keywords: innovation, rheological model, differential equation of Rikkati, levels of loading and deformation.

BIBLIOGRAPHY

1. Presidential Decree 07.05.2018 № 204 (as amended on 19.07.2018) «On the national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024» – URL: <http://www.consultant.ru/> (reference date 11.11.2018).
2. Bondarenko V.M., Kolchunov V.I., Klyueva N.V. Some proposals for the development of the theory of constructive safety and survivability of statically indefinable structural systems. Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy. 2012. № 6. p. 7–12.
3. Michelson–Tkach V.L. Improving manufacturability of structures. M.: Mashinostroenie, 1988. – 104 p.
4. Susanto T., Cheong H.K., Kuang K.L., Geng J.Z. Punching shear strength of slabs with openings and supported on rectangular columns [Прочность на продавливание плит с отверстиями и опиранием на прямоугольные колонны] // ACI Structural Journal, 2004. Vol. 101. No. 5. Pp. 678–687.

Burilich Irina Nikolaevna
Kursk State University, Kursk
Candidate of technical Sciences,
associate Professor of the
Department of algebra, geometry and
theory of teaching mathematics
305000, Kursk, Radischeva St., 33
E-mail: burili4@yandex.ru

Tolstova Galina Semenovna
Kursk State University, Kursk
Candidate of physico-mathematical
nauk, associate Professor of the
Department of algebra, geometry and
theory of teaching mathematics
305000, Kursk, Radischeva St., 33
E-mail: burili4@yandex.ru

Tutunov Dmitry Nikolaevich
Southwest State University, Kursk
Candidate of technical Sciences,
associate Professor of mathematics
305040, Kursk, 50 years of October
St., 94
E-mail: sli-kursk@yandex.ru

МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА, ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ

УДК 534.833.5

Э.А. РОМАНЕНКО, Г.С. РУССКИХ, З.Н. СОКОЛОВСКИЙ

ПОВЫШЕНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕТЧАТО-ПЛАСТИНЧАТОЙ ПАНЕЛИ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИИ ПЛАСТИН

Аннотация. Обеспечение звукоизоляции низкочастотного шума является актуальной задачей в области технической и архитектурной акустики. В настоящее время динамично развивается класс конструкций, решающих данную проблему. Эффективность достигается определенным построением геометрии изолирующих преград, отличающимся от классического подхода. Объектом данного исследования является гибкая многослойная звукоизолирующая панель. Жесткие внешние слои представлены набором металлических квадратных пластин, средняя часть – слои базальтовой ткани, закреплённые на металлической сетке. Гибкость панели обеспечивается наличием зазоров между пластинами. Известно, что зазоры и отверстия снижают звукоизоляцию. Поэтому необходимо определить рациональные пути оптимизации конструкции для устранения указанного эффекта. В данном исследовании:

- 1) приведена расчетная оценка зависимости звукоизоляции от величины зазора;
- 2) предложен метод оптимизации конструкции.

Результаты, полученные при аналитической оценке звукоизоляции, подтверждают эффективность предложенного метода. Техническое решение представляется простым для реализации.

Ключевые слова: Звукоизоляция, звукоизолирующая панель, акустические отверстия, низкие частоты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 9416532B2 США, МКИЗ E04B1/82, E04B1/84, G10K11/172. Interior sound absorption sheet and sound absorbing sound-proofing panel containing same / Gil-Ho KANG, Seong-Moon Jung, Bong-Gyu Kang – № 14/412249; заявл. 25.06.2013; опубл. 16.08.2016. – 16 с.
2. Small perforations in corrugated sandwich panel significantly enhance low frequency sound absorption and transmission loss / H. Meng [et al.] // Composite Structures. – 2017. – Vol. 182. – P. 1–11.
3. A composite and deformable honeycomb acoustic metamaterial / N. Gao, H. Hou, J.H. Wu. // International Journal of Modern Physics B. – 2018. – Т. 32, №. 20. – P. 1850204.
4. Experimental investigation of vibration damper composed of acoustic metamaterials / L. Sun // Applied Acoustics. – 2017. – Vol. 119. – P. 101–107.
5. Low frequency sound insulation analysis and evaluation of stiffened building structures / D.Y. Ou // Building and Environment. – 2015. – Vol. 94. – P. 802–809.
6. Trapped modes and resonance wave transmission in a plate with a system of notches / Glushkov E. [et al.] // Journal of Sound and Vibration. – 2018. – Vol. 412. – P. 360–371.
7. Пат. 107802 Российская Федерация, МПК E04B2/00 (2006.01). Звукоизолирующая вибродемпфированная слоистая панель с измененной изгибной жесткостью / А. А. Кочкин, Л. Э. Шашкова; патентообладатель Волог. гос. техн. ун-т. – № 2010150067; заявл. 06.12.2010; опубл. 27.08.2011. Бюл. № 24. – 2 с.
8. Пат. 2182626 Российская Федерация, МПК E04B 1/82. Звукопоглощающий элемент и способ его производства, звукопоглощающая система и способ её производства, звукопоглощающее устройство / Книпстейн Дейл (СА); патентообладатель Книпстейн Дейл (СА). – № 98115849; заявл. 23.01.1997; опубл. 20.05.2002. – 8 с.

9. Improvement of sound insulation of doors or windows by absorption treatment inside the peripheral gaps / T. Asakura, S. Sakamoto // *Acoustical Science and Technology*. – 2013. – Т. 34., №. 4. – P. 241–252.
10. Study of the compatibility between sound insulation performance and ventilation performance in gaps by installing nonwoven fabrics / T. Shimizu, S. Koizumi // *Building and Environment*. – 2015. – Т. 94. – P. 335–343.
11. Numerical analyses and experimental evaluation of reduction technique for sound transmission through gaps / T. Shimizu, Y. Kawai, D. Takahashi // *Applied Acoustics*. – 2015. – Т. 99. – P. 97–109.
12. Пат. 2588410 Российская Федерация, МПК В60R 3/08 (2006.01). Панель звукоизолирующая и способ ее изготовления / В.А. Адонин, А.В. Зубарев, Д.А. Романюк, А.Ф. Зелов; патентообладатель ФГУП «НПП Прогресс» – № 20151116232/11; заявл. 28.04.2015; опубл. 27.06.2016. Бюл. № 18. – 8 с.
13. Исследование особенностей звукоизоляции гибкими панелями / Э.А. Романенко [и др.] // *Проблемы машиноведения: материалы II Междунар. науч.-техн. конф. (Омск, 27–28 фев. 2018 г.)* / ОмГТУ. – Омск, 2018. – С. 103–108.
14. Romanenko E.A. Development of a mathematical model of sound insulation with flexible panels [Electronic resource] / E.A. Romanenko, G.S. Russkikh, Z.N. Sokolovskiy // *Mechanical Science and Technology Update: conference proceeding (Omsk, 27–28 February)* / Omsk State Technical University. – Omsk, 2018. – DOI:10.1088/1742–6596/1050/1/012070 DOCUMENT TYPE: Scopus.

Романенко Элина Айваровна
ФГБОУ ВО «Омский
Государственный
Технический Университет», г.
Омск
Аспирант каф. «Основы теории
механики и автоматического
управления»
644050, г. Омск, пр. Мира, 11
Тел.: 8–950–333–42–77
E-mail:
elinaromanenko18@gmail.com

Русских Григорий Серафимович
ФГБОУ ВО «Омский
Государственный
Технический Университет», г. Омск
Кандидат технических наук, доцент
каф. «Основы теории
механики и автоматического
управления»
Директор НОПЦ «Политест»
644050, г. Омск, пр. Мира, 11
Тел.: 8–913–664–95–52
E-mail: russkikh_gs@mail.ru

Соколовский Зиновий Наумович
ФГБОУ ВО «Омский
Государственный
Технический Университет», г.
Омск
Кандидат технических наук,
доцент каф. «Машиноведение»
644050, г. Омск, пр. Мира, 11
Тел.: 8–913–689–16–55
E-mail: ninasok@yandex.ru

E.A. ROMANENKO, G.S. RESKIKH, Z.N. SOKOLOVSKY

INCREASE OF SOUND INSULATION OF THE GRID–PLATE PANEL BY OPTIMIZING THE PLATES GEOMETRY

Abstract. Ensuring of the sound insulation of low-frequency noise is an actual task in the field of technical and architectural acoustics. Currently, the class of structures solving this problem is dynamically developing. Efficiency is achieved by a specific geometry of insulating barriers, different from the classical approach. The object of this study is a flexible multi-layer soundproofing panel. The hard outer layers are represented by a set of metallic square plates, the middle part — layers of basalt fabric, fixed on a metal grid. The flexibility of the panel is provided by the presence of gaps between the plates. It is known that gaps and holes reduce sound insulation. Therefore, it is necessary to determine the rational ways to optimize the structure to eliminate this effect. In this study: provides a calculated

1) estimate of the dependence of sound insulation on the size of the gap;

2) proposed a method of optimization of the structure.

The results obtained in the analytical evaluation of sound insulation confirm the effectiveness of the proposed method. The technical solution is simple to implement.

Keywords: Sound insulation, soundproofing panel, acoustic holes, low frequencies.

BIBLIOGRAPHY

1. Pat. 9416532B2 SHA, MKIZ E04B1/82, E04B1/84, G10K11/172. Interior sound absorption sheet and sound absorbing sound-proofing panel containing same / Gil-Ho KANG, Seong-Moon Jung, Bong-Gyu Kang – № 14/412249; заявл. 25.06.2013; опубл. 16.08.2016. – 16 s.
2. Small perforations in corrugated sandwich panel significantly enhance low frequency sound absorption and transmission loss / H. Meng [et al.] // *Composite Structures*. – 2017. – Vol. 182. – P. 1–11.
3. A composite and deformable honeycomb acoustic metamaterial / N. Gao, H. Hou, J.H. Wu. // *International Journal of Modern Physics B*. – 2018. – Т. 32, №. 20. – P. 1850204.
4. Experimental investigation of vibration damper composed of acoustic metamaterials / L. Sun // *Applied Acoustics*. – 2017. – Vol. 119. – P. 101–107.

5. Low frequency sound insulation analysis and evaluation of stiffened building structures / D.Y. Ou // Building and Environment. – 2015. – Vol. 94. – P. 802–809.
6. Trapped modes and resonance wave transmission in a plate with a system of notches / Glushkov E. [et al.] // Journal of Sound and Vibration. – 2018. – Vol. 412. – P. 360–371.
7. Pat. 107802 Rossiyskaya Federatsiya, MPK E04B2/00 (2006.01). Zvukoizoliruyushchaya vibrodempfirovannaya sloistaya panel s izmenennoy izgibnoy jestkostyu / A.A. Kochkin, L.E. Shashkova; patentoobladatel Volog. gos. tekhn. un-t. – № 2010150067; zayavl. 06.12.2010; opubl. 27.08.2011. Byul. № 24. – 2 s.
8. Pat. 2182626 Rossiyskaya Federatsiya, MPK E04V1/82 Zvukopogloshchayushchiy element i sposob ego proizvodstva, zvukopogloshchayushchaya sistema i sposob ego proizvodstva, zvukopogloshchayushcheye ustroystvo / Knipsteyn Deyl (SA); patentoobladatel Knipsteyn Deyl (SA). – № 98115849; zayavl. 23.01.1997; opubl. 20.05.2002. – 8 s.
9. Improvement of sound insulation of doors or windows by absorption treatment inside the peripheral gaps / T. Asakura, S. Sakamoto // Acoustical Science and Technology. – 2013. – T. 34., №. 4. – P. 241–252.
10. Study of the compatibility between sound insulation performance and ventilation performance in gaps by installing nonwoven fabrics / T. Shimizu, S. Koizumi // Building and Environment. – 2015. – T. 94. – P. 335–343.
11. Numerical analyses and experimental evaluation of reduction technique for sound transmission through gaps / T. Shimizu, Y. Kawai, D. Takahashi // Applied Acoustics. – 2015. – T. 99. – P. 97–109.
12. Pat. 2588410 Rossiyskaya Federatsiya, MPK B60R3/08 (2006.01). Panel zvukoizoliruyushchaya i sposob ego izgotovleniya / V.A. Adonin, A.V. Zubarev, D.A. Romanyuk, A.F. Zelov; patentoobladatel FGUP «NPP Progress» – № 20151116232/11; zayavl. 28.04.2015; opubl. 27.06.2016. Byul. № 18. – 8 s.
13. Issledovaniye osobennostey zvukoizolyatsii gibkimi panyami / E.A. Romanenko [i dr.] // Problemy mashinovedeniya: materialy II Mezhdunar. nauch.–tekhn. konf. (Omsk, 27–28 fev. 2018 g.) / OmGTU. – Omsk, 2018. – S. 103–108.
14. Romanenko E.A. Development of a mathematical model of sound insulation with flexible panels [Electronic resource] / E.A. Romanenko, G.S. Russkikh, Z.N. Sokolovskiy // Mechanical Science and Technology Update: conference proceeding (Omsk, 27–28 February) / Omsk State Technical University. – Omsk, 2018. – DOI:10.1088/1742–6596/1050/1/012070 DOCUMENT TYPE: Scopus.

Romanenko Elina Aivarovna
«Omsk State Technical University»,
Omsk
Graduate student CAF. «Foundations
of the theory of mechanics»
644050, Omsk, etc. World 11
Tel.: 8–950–333–42–77
E-mail:
elinaromanenko18@gmail.com

Russkih Grigory Serafimovich
RUSSIAN «Omsk Stat
Technical University» Omsk
Ph.d, Associate Professor
of the Chair. «Basics of theory
mechanics and automatic control»
Director Of NORC «Politest»
644050, Omsk, etc. World 11
Tel.: 8–913–664–95–52
E-mail: russkikh_gs@mail.ru

Sokolovsky Zinovy Naumovich
«Omsk State Technical University»,
Omsk
PhD, lecturer dep. « Machine
Science»,
644050, Omsk, Mira ave, 11
Ph.: 8–913–689–16–55
E-mail: ninasok@yandex.ru

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 621.941.1

А.А. ВЛАДИМИРОВ, А.Н. АФОНИН, А.В. МАКАРОВ, М.Ю. НАЗАРОВА

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ШЕРОХОВАТОСТИ ПРИ ТОЧЕНИИ С МАЯТНИКОВЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ РЕЗЦА

Аннотация. *Описана методика 3D моделирования шероховатости поверхности при точении с маятниковыми колебаниями резца. Установлено, что минимальной высота микронеровностей будет в случаях, при которых количество колебаний режущего инструмента на один оборот заготовки будет кратно определенному целому значению. Даны рекомендации по подбору частоты колебаний в зависимости от скорости главного движения резания.*

Ключевые слова: *вибрационное точение, шероховатость поверхности, 3D моделирование.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подураев, В. Н. Обработка резанием с вибрациями. М.: Машиностроение, 1970. – 350 с.

2. Сергиев, А.П., Владимиров А.Л., Макаров А.В., Швачкин Е.Г. Физические основы процесса вибрационного резания при точении // Научно-теоретический журнал Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2017. – №3. – С. 94–102.

3. Владимиров, А.А., Афонин А.Н., Макаров А.В. Особенности механизма формирования микронеровности поверхности при вибрационном точении // Научно-технический вестник Поволжья, 2019, № 2. – С. 27 – 29.

4. Киричек, А.В., Афонин А.Н., Иванов К.В. Геометрическое моделирование процессов обработки давлением с локальным контактом инструмента и заготовки // Кузнечно-штамповочное производство. – 2004. — № 9. – С. 21 – 25.

Владимиров Александр Андреевич

СТИ НИТУ «МИСиС», г. Старый Оскол
Ассистент кафедры ТОММ
302020, г. Старый Оскол, мкр. Макаренко, 42
Тел. (4725) 45–12–12
E-mail: vladimirov.al.an@yandex.ru

Макаров Алексей Владимирович

СТИ НИТУ «МИСиС», г. Старый Оскол
Кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой ТОММ
302020, г. Старый Оскол, мкр. Макаренко, 42
Тел. (4725) 45–12–12
E-mail: makarov.av@mail.ru

Афонин Андрей Николаевич

НИУ «БелГУ», г. Белгород
Доктор технических наук., проф. кафедры
материаловедения и нанотехнологий
308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
Тел. (4722) 30–18–28
E-mail: afonin@bsu.edu.ru

Назарова Марина Юрьевна

НИУ «БелГУ», г. Белгород
Доктор технических наук., проф. кафедры
материаловедения и нанотехнологий
308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
Тел. (4722) 30–18–28
E-mail: nazarova_m@bsu.edu.ru

A.A. VLADIMIROV, A.N. AFONIN, A.V. MAKAROV, M.Yu. NAZAROVA

GEOMETRICAL MODEL OF ROUGHNESS AT A TURNING WITH PENDULAR VIBRATIONS OF THE CUTTER

Abstract. *The technique of 3D modeling of surface roughness when turning with pendulum oscillations of the tool is described. It has been established that the minimum microroughness will depend on the cases when the number of oscillations of a rotating tool on one revolution will be reduced.*

Keywords: *vibration turning, surface roughness, 3D modeling.*

BIBLIOGRAPHY

1. Poduraev VN. Cutting with vibrations. Moscow: Mechanical Engineering, 1970. – 350 p.
2. Sergiev A.P., Vladimirov A.L., Makarov A.V., Shvachkin E.G. Scientific theoretical journal Herald of the Belgorod State Technological University. V. G. Shukhov. – 2017. – №3. – p. 94–102.
3. Vladimirov A.A., Afonin A.N., Makarov A.V. Features of the mechanism of formation of surface asperity during vibration turning // Scientific and Technical Bulletin of the Volga region, 2019, No. 2. – P. 27 – 29
4. Kirichek A.V., Afonin A.N., Ivanov K.V. Geometrical modeling of processing with the help of a local contact tool and workpiece // Forging and stamping production. – 2004. – № 9. – p. 21 – 25.

Vladimirov Alexandr Andreevich

STI NITU "MISIS", Sary Oskol
Assistant of department TOMM
302020, Sary Oskol, md. Makarenko, 42
Tel. +7 (4725) 45–12–12
E-mail: vladimirov.al.an@yandex.ru

Makarov Alexey Vladimirovich

STI NITU "MISIS", Sary Oskol
PhD, Docent, Head. Chair of department TOMM
302020, Sary Oskol, md. Makarenko, 42
Tel. +7 (4725) 45–12–12
E-mail: makarov.av@mail.ru

Afonin Andrey Nikolaevich

NIU "BelGU", Belgorod
Doctor of Technical Sciences., Prof. Department of
Materials Science and Nanotechnology
308015, Belgorod, Pobedy str., 85
Tel. +7 (4722) 30–18–28
E-mail: afonin@bsu.edu.ru

Nazarova Marina Yuryevna

NIU "BelGU", Belgorod
Doctor of Technical Sciences., Prof. Department of
Materials Science and Nanotechnology
308015, Belgorod, Pobedy str., 85
Tel. +7 (4722) 30–18–28
E-mail: nazarova_m@bsu.edu.ru

УДК 621.914.5

К.Ю. ПЕШЕХОНОВ, А.С. ТАРАПАНОВ

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА КОМПОНЕНТОВ ВЫСОТЫ ПРОФИЛЯ ШЕРОХОВАТОСТИ БОКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗУБЬЕВ СПИРОИДНЫХ КОЛЕС

Аннотация. В статье рассматривается прогнозирование высоты профиля шероховатости боковых поверхностей зубьев спироидного колеса при установившемся процессе формообразования профиля зубьев. Представлен расчет и определена высота гребешка огранки h_1 на основе математического отображения кинематической схемы резания червячной фрезой с ассиметричным профилем зубьев. Показано, что составляющая профиля шероховатости h_3 при нарезании зубьев спироидных колес существенно зависит от пластического оттеснения $b_{сдв}$. Установлено, что минимальное значение h_1 превышает максимальное значение составляющей h_2 . При увеличении числа зубьев на витке червячной фрезы от 8 до 14, значение h_1 уменьшается в 1,6 раза. И при возрастании осевой подачи от 0,03 до 0,09 мм/зуб значение составляющей h_2 возрастает в 1,9 раза.

Ключевые слова: спироидное зубчатое колесо, шероховатость боковых поверхностей зубьев, величина составляющих профиля шероховатости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инженерия поверхности деталей / А.Г. Суслов [и др.]; под ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.: ил.
2. Трубачев, Е.С. Испытания малогабаритных спироидных редукторов / Е.С. Трубачев, А.С. Кунивер // Вестник ИжГТУ. – Ижевск: ФГБОУ ВПО ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. – 2007. – № 1. – С. 175 – 179.
3. Коваленко, Р.К. Результаты исследования коэффициента трения в спироидном зацеплении с сочетанием материалов звеньев пары сталь – сталь / Р.К. Коваленко // Вестник СамГУПС. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения. – 2017. – № 1 (35). – С. 21 – 28.
4. Терниченко, В.А. Влияние технологических способов обработки на нагрузочную способность зубчатых колес / В.А. Терниченко, Д.П. Коновалов, Е.А. Перевертень // Политехнический молодежный журнал. – М.: ФГБОУ ВО МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2017. – № 12. – С. 1 – 8.
5. Пешехонов, К.Ю. Особенности математического моделирования процесса нарезания зубьев спироидных колес / К.Ю. Пешехонов, А.С. Тарапанов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орел: ФГБОУ ВО ОГУ имени И.С. Тургенева. – 2016. – № 6 (320). – С. 77 – 81.
6. Пешехонов, К.Ю. Прогнозирование параметров зубофрезерования спироидных зубчатых колес / К.Ю. Пешехонов, А.С. Тарапанов // Региональная научно-практическая конференция им. А.Г. Шипунова: Материалы V региональной научно-практической конференции. – Орел: ФГБОУ ВО ОГУ имени И.С. Тургенева. – 2018. – С. 68 – 71.
7. Грановский, Г.И. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. – М.: Высш. шк., 1985. – 304 с., ил.
8. Полохин, О.В. Исследование и проектирование процессов зубонарезания инструментами червячного типа / О.В. Полохин, А.С. Тарапанов, Г.А. Харламов. – М.: Машиностроение, 2006. – 148 с.
9. Пешехонов, К.Ю. Особенности влияния сил резания на технологическую систему при нарезании зубчатых колес цилиндрических спироидных передач / К.Ю. Пешехонов, А.С. Тарапанов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орел: ФГБОУ ВО ОГУ имени И.С. Тургенева. – 2017. – № 2 (322). – С. 116 – 120.
10. Писаренко, Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев. – Киев: Наукова думка, 1975. – 704 с.

Пешехонов Константин Юрьевич
ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орел
Аспирант
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел. 89066650002
E-mail: topmega2014@yandex.ru

Тарапанов Александр Сергеевич
ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орел
Доктор технических наук, профессор
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел. 89066650002
E-mail: tarapanov@rambler.ru

K.Yu. PESHEKHONOV, A.S. TARAPANOV

THE CHARACTERISTICS CALCULATIONS OF THE COMPONENTS OF THE HEIGHT PROFILE OF THE ROUGHNESS OF THE SIDE SURFACES OF THE TEETHS OF SPIROID WHEELS

Abstract. The article considers the prediction of the height of the profile of the roughness of the lateral surfaces the steady-state process of forming the profile of the teeth. Presented calculation and determined the height

scallop cutting h_1 on the basis of mathematical mapping of the kinematic scheme of cutting a worm mill an asymmetric profile of the teeth. It is shown that the component of the roughness profile h_3 when cutting the teeth of the spiroid wheels depends substantially on the plastic pushing off b_{push} . Installed that the minimum value of h_1 exceeds the maximum value of the component h_3 . With an increase in the number of teeth on the coil of the worm mill from 8 to 14, the value of h_1 is reduced by 1,6 once. And with an increase in the axial feed from 0,03 to 0,09 mm / tooth, the value of the h_2 component increases by 1,9 once.

Keywords: spiroid gear wheel, the roughness of the lateral surfaces of the teeth, the value of the components of the roughness profile.

BIBLIOGRAPHY

1. Inzheneriya poverhnosti detalej / A.G. Suslov [i dr.]; pod red. A.G. Suslova. – M.: Mashinostroyeniye, 2008. – 320 s.: il.
2. Trubachev, E.S. Ispytaniya malogabaritnykh spiroidnykh reduktorov / E.S. Trubachev, A.S. Kuniver // Vestnik IzhGTU. – Izhevsk: FBGOU VPO IzhGTU im. M.T. Kalashnikova. – 2007. – № 1. – S. 175 – 179.
3. Kovalenko, R.K. Rezultaty issledovaniya koefitsienta treniya v spiroidnom zaceplenii s sochetaniem materialov zveney pary stal – stal / R.K. Kovalenko // Vestnik SamGUPS. – Samara: Samarskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya. – 2017. – № 1 (35). – S. 21 – 28.
4. Ternichenko, V.A. Vliyaniye tekhnologicheskikh sposobov obrabotki na nagruzochnuyu sposobnost zubchatykh koles / V.A. Ternichenko, D.P. Konovalov, E.A. Perevertin // Politekhnikeskij molodezhnyy zhurnal. – M.: FGBOU VO MGTU im. N.Eh. Bauman. – 2017. – № 12. – S. 1 – 8.
5. Peshekhonov, K.YU. Osobennosti matematicheskogo modelirovaniya processa narezaniya zubey spiroidnykh koles / K.YU. Peshekhonov, A.S. Tarapanov // Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. – Orel: FGBOU VO OGU imeni I.S. Turgeneva. – 2016. – № 6 (320). – S. 77 – 81.
6. Peshekhonov, K.YU. Prognozirovaniye parametrov zubofrezerovaniya spiroidnykh zubchatykh koles / K.YU. Peshekhonov, A.S. Tarapanov // Regionalnaya nauchno–prakticheskaya konferenciya im. A.G. SHipunova: Materialy V regionalnoy nauchno–prakticheskoy konferencii. – Orel: FGBOU VO OGU imeni I.S. Turgeneva. – 2018. – S. 68 – 71.
7. Granovskiy, G.I. Rezanie metallov: Uchebnik dlya mashinostroyeniya i priborostroyeniya. spec. vuzov / G.I. Granovskiy, V.G. Granovskiy. – M.: Vyssh. shk., 1985. – 304 s., il.
8. Polohin, O.V. Issledovaniye i proektirovaniye processov zubonarezaniya instrumentami chervyachnogo tipa / O.V. Polohin, A.S. Tarapanov, G.A. Harlamov. – M.: Mashinostroyeniye, 2006. – 148 s.
9. Peshekhonov, K.YU. Osobennosti vliyaniya sil rezanii na tekhnologicheskuyu sistemu pri narezanii zubchatykh koles cilindricheskikh spiroidnykh peredach / K.YU. Peshekhonov, A.S. Tarapanov // Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. – Orel: FGBOU VO OGU imeni I.S. Turgeneva. – 2017. – № 2 (322). – S. 116 – 120.
10. Pisarenko, G.S. Spravochnik po soprotivleniyu materialov / G.S. Pisarenko, A.P. Yakovlev, V.V. Matveev. – Kiev: Naukova dumka, 1975. – 704 s.

Peshekhonov Konstantin Yurevich
OSU after I.S. Turgeneva, Orel
Postgraduate
302026, Orel, st. Komsomolskaya, 95
Ph. 89066650002
E-mail: topmega2014@yandex.ru

Tarapanov Aleksandr Sergeevich
OSU after I.S. Turgeneva, Orel
Doctor of Engineering, professor
302026, Orel, st. Komsomolskaya, 95
Ph. 89066650002
E-mail: tarapanov@rambler.ru

ПРИБОРЫ, БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 531.385

Д.М. МАЛЮТИН

ГАВИМЕТРИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ АЭРО И МОРСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Аннотация. В работе освещены основные задачи, которые были решены при создании системы стабилизации малогabarитных гравиметрических комплексов «ГРИН» и «ГРИН-М», разработанных в Тульском государственном университете для аэро и морских измерений. Приведены технические характеристики комплексов, подтвержденные результатами натурных испытаний. Предложено техническое решение построения контура коррекции инерциальной системы стабилизации гравиметра с параметрической коррекцией показаний первого интегратора, которое обеспечивает инвариантность прибора к ускорениям носителя и одновременно демпфирование собственных колебаний в автономном режиме.

Ключевые слова: гравиметр, гиросtabilизатор, гироскоп.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ривкин С. С., Береза А.Д. Гироскопическая стабилизация морских гравиметров. – М.: Наука, 1985. – 176 с.
2. Форсберг Р. Проведение аэрогравиметрических измерений гравиметрами «ЛАКОСТА–РОМБЕРГ» и «ЧЕКАН–АМ» с целью определения геоида / Р. Форсберг, А.В. Олесен, И. Эйнарссон // Гироскопия и навигация. – №3 (90). – 2015. – С.19 – 29.
3. Малютин Д.М. Российские и зарубежные набортные гравиметрические комплексы / Д.М. Малютин // Инженерный журнал «Справочник». – № 10(127). – 2007. – С.13 – 17.
4. Малютин Д.М. Система стабилизации полезной нагрузки на динамически настраиваемом гироскопе. / Д.М. Малютин // Приборы и методы измерений. – Т.7. №1. – 2016. – С.32 – 40.
5. Железняк Л.К. Гравиметры двойного назначения для измерений с морских и воздушных носителей / Л.К. Железняк, В.Н. Конешов, Л.К. Несенюк и др. // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – Т. 48. № 5. – 2005. – С. 23 – 28.
6. Краснов А.А. Гравиметрический датчик нового поколения / А.А. Краснов, А.В. Соколов, М.И. Евстифеев, Л.С. Элинсон, Л.К. Железняк, В.Н. Конешов, И.М. Старосельцева // Измерительная техника. – №9. – 2014. – С.12 – 15.
7. Современные методы и средства измерения параметров гравитационного поля Земли / В.Г. Пешехонов, О.А. Степанов, Л.И. Августов и др. // Под общей ред. акад. РАН В.Г. Пешехонова; научн. редактор О.А. Степанов. – СПб.: ГНЦ РФ АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2017. – 390 с.
8. Малютин Д.М. Малогабаритные гравиметрические комплексы для аэро и морских измерений / Д.М. Малютин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Вып. 10. – 2016. – С.281–290.
9. Железняк Л.К. Влияние инерционных ускорений на точность гравиметра «ЧЕКАН–АМ» / Л.К. Железняк, А.А. Краснов, А.В. Соколов // Физика Земли. – N7, – 2010. – С.29 – 32.
10. Малютин Д.М. Исследование динамики гиросtabilизатора морского гравиметра с самонастройкой параметров. / Д.М. Малютин, В.Я. Распопов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – Вып.7. – 2017. – С. 97 – 105.
11. High-precision algorithmic compensation of temperature instability of accelerometer scaling factor / Alaluev R.V., Ivanov Yu.V., Malyutin D.M., Raspopov V.Ya., Dmitriev V.A., Ermilov S.P., Ermilova G.A. // Automation and Remote Control. 2011. T. 72. № 4. pp. 853 – 860.

Малютин Дмитрий Михайлович

ФГБОУ ВО Тульский государственный университет г. Тула

Кандидат технических наук., доцент, профессор

300000, г. Тула, Проспект Ленина 92

Тел. 89105511329

E-mail: Malyutindm@yandex.ru

D.M. MALYUTIN

GAVIMETRIC COMPLEXES FOR AERO AND MARINE MEASUREMENTS

Abstract. *The paper covers the main tasks that were solved while creating the stabilization system for the small-sized gravimetric complexes "GRIN" and "GRIN-M", developed in Tula State University for aero and marine measurements. The technical characteristics of the complexes, confirmed by the results of field tests. A technical solution is proposed for constructing an inertial vertical alignment correction circuit with a parametric correction of the readings of the first integrator, which ensures the invariance of the device to carrier accelerations while simultaneously damping natural oscillations in an autonomous mode.*

Keywords: *gravimeter, gyro stabilizer, gyroscope.*

BIBLIOGRAPHY

1. Rivkin S.S. Girokopicheskaja stabilizacija morskih gravimetrov [Gyroscopic stabilization sea gravimeter]. – М.: Nauka, 1985. – 176 p.
2. Forsberg R. Provedenie aerogravimetricheskikh izmerenii gravimetrami «LACOSTE–ROMBERG» и «Chekan–AM» s celiu opredelenija geoida [Carrying out gravimeter measurements gravimeter " La Coste Romberg " and «Chekan–AM» with the purpose of definition geoid] / Forsberg R., Olesen A.V., Inarsson I. // Girokopija i navigacija., №3 (90), 2015, pp.19 – 29.
3. Malyutin D.M. Rossiskie i zarubegnie nabortnie gravimetricheskie kompleksi [Russian and foreign gravimeter complexes] / Ingenernii gurnal «Spravochnik». 2007. № 10(127).pp.13 – 17.
4. Malyutin D.M. Sistema stabilizatsii poeznoi nagryzki na dinamichecki nastraivaemom giroskope // Pribori i metodi izmerenii., T.7, №1, 2016. pp.32 – 40.

5. Gelezniak L.K. Gravimetri dvojnogo naznacheniya dlja izmerenii s morskich i vozduchnih nositelei [Gravimeter double purpose for measurements from sea and air carriers] / Gelezniak L.K., Coneshov V.N., Nesenuk L.K. // Izvestija vishih uchebnykh zavedenii. Priborostroenie 2005. T. 48. № 5, pp. 23 – 28.
6. Krasnov A.A. Gravimetricheskii datchik novogo pocolenia [Gravimeter gauge of new generation] / Krasnov A.A., Socolov A.V., Evstifeev M.I., Elinson L.S., Gelezniak L.K., Coneshov V.N., Staroselceva I.M. // Izmeritelnaja tehnika. 2014. №9, pp.12 – 15.
7. Sovremennije metody i sredstva izmereniya parametrov gravitazionnogo polja Zemli / Pesehonov V.G., Stepanov O.A., Avgustov L.I. [Modern methods and means of measurement of parameters of a gravitational field of the Earth] / SPb.: GNC Russia AO «Konzern «CNII «Electropribor», 2017. – 390 p.
8. Mayutin D.M. Malogabaritnie gravimetricheskie kompleksi dlja aero i morskich izmerenii [Small-sized gravimeter complexes for aero and sea measurements] / Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki. Vip. 10., 2016, pp.281 – 290.
9. Gelezniak L.K., Krasnov A.A., Socolov A.V. Vlijanie inercionnykh uskorenii na tochnost gravimetra «Chekan-AM» [Influence of inertial accelerations on accuracy gravimeter «Chekan-AM»] / Fizika Zemli, 2010, N7, pp. 29 – 32.
10. Malyutin D.M., Raspopov V.Ja. Issledovanie dinamiki girostabilizatora morskogo gravimetra s samonastroikoi parametrov [Research dynamics gyrostabilizer of sea gravimeter with self-adjustment of parameters] / Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki. Vip.7., 2017, pp.97 – 105.
11. High-precision algorithmic compensation of temperature instability of accelerometers scaling factor / Alaluev R.V., Ivanov Yu.V., Malyutin D.M., Raspopov V.Ya., Dmitriev V.A., Ermilov S.P., Ermilova G.A. // Automation and Remote Control. 2011. T. 72. № 4. pp. 853 – 860.

Malyutin Dmitriy Mikhailovich

Tula State University, Tula

Ph.D., docent, professor

300000, Tula, Lenina 92

Ph:89105511320

E-mail: Malyutindm@yandex.ru

УДК 621.382.2/.3

С.И. МАТЮХИН, К.Ю. ФРОЛЕНКОВ, Д.О. МАЛЫЙ, А.С. ВИШНЯКОВ,
Е.Ю. ОРЛОВ, М.Д. САННИКОВ

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МОДУЛЕЙ ПАЯНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Аннотация. Методами компьютерного моделирования в программной среде Comsol Multiphysics решена задача предсказания термомеханических деформаций, связанных с тепловым воздействием при производстве и эксплуатации силовых полупроводниковых модулей паяной конструкции. Показано, что эти деформации, возникающие из-за разницы температурных коэффициентов расширения материалов, не зависят от степени исходной деформации модулей и могут быть устранены путём предварительной формовки их основания.

Ключевые слова: силовой полупроводниковый модуль, паяная конструкция, термомеханические деформации, компьютерное моделирование, Comsol Multiphysics

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Флоренцев, С.Н. Современное состояние и прогноз развития приборов силовой электроники / С.Н. Флоренцев // Современные технологии автоматизации. – 2004. – №2. – С.20–30.
2. Евсеев, Ю.А. Состояние и перспективы развития российской полупроводниковой элементной базы силовой электроники / Ю.А. Евсеев, В.Д. Ковалев, А.М. Сурма // Электро. – 2005. – №5. – С.2–14.
3. Minato, T. Future Trend of Si Power Device / T. Minato, K. Sato // IEICE Electronics Express. – 2014. – V.11. – №3. – P.1–17.
4. Vobecky, J. The Current Status of Power Semiconductors / J. Vobecky // Facta Universitatis. Series: Electronics and Energetics. – 2015. – V.28. – №2. – P.193–203.
5. Флоренцев, С.Н. Силовые IGBT-модули – основа современного преобразовательного оборудования / С.Н. Флоренцев // Электронные компоненты. – 2002. – №6. – С.11–17.
6. Исламгазина, Л. Технологические методы повышения надежности силовых модулей / Л. Исламгазина // Технологии в электронной промышленности. – 2005. – №2. – С.58–60.
7. Bouarroudj, M. Degradation behavior of 600 V–200 A IGBT modules under power cycling and high temperature environment conditions / M. Bouarroudj, Z. Khatir, J.P. Ousten, F. Badel, L. Dupont, S. Lefebvre // Microelectronics Reliability. – 2007. – V.47. – P.1719–1724.

8. Morozumi, A. Reliability of Power Cycling for IGBT Power Semiconductor Modules / A. Morozumi, K. Yamada, T. Miyasaka, S. Sumi, Y. Seki // IEEE Transactions on Industry Applications. – 2003. – V.39. – No.3. – P.665–671.
9. Ciappa, M. Selected failure mechanisms of modern power modules / M. Ciappa // Microelectronics Reliability. – 2002. – V.42. – P.653–667.
10. Lu, H. Design for reliability of power electronics modules / H. Lu, C. Bailey, C. Yin // Microelectronics Reliability. – 2009. – V.49. – P.1250–1255.
11. Busca, C. Modeling lifetime of high power IGBTs in wind power applications – An overview / C. Busca // IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE). – 2011. – P.1408–1413.
12. Матюхин, С.И. Современное программное обеспечение для моделирования в электронике / С.И. Матюхин, Г.Р. Макулевский, О.В. Деев // Информационные системы и технологии. – 2014. – №2 (82). – С.58–71.
13. Comsol Multiphysics Users Guide, – Comsol. – 2012. – 1292 p.
14. Матюхин, С.И. Компьютерное моделирование деформаций, возникающих при производстве силовых полупроводниковых модулей паяной конструкции / С.И. Матюхин, Д.О. Малый, А.С. Вишняков // Сб. трудов III Междунар. научно-практической конф. «Современные проблемы физико-математических наук». – Орёл: ОГУ им. И.С. Тургенева. – 2017. – С.246–249.

Матюхин Сергей Иванович

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл
Доктор физико-математических наук, заведующий
кафедрой технической физики и математики
302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
Тел. (4862) 41–98–02
E-mail: sim1@mail.ru

Фроленков Константин Юрьевич

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл
Кандидат технических наук, доцент кафедры
промышленной химии и биотехнологии
302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
Тел. (4862) 41–98–92
E-mail: sim1@mail.ru

Малый Денис Олегович

АО «Протон-Электротекс», г. Орёл
Инженер-конструктор
302040, г. Орёл, ул. Лескова, 19
Тел. (4862) 44–04–11
E-mail: d.malyy@proton-electrotex.com

Вишняков Александр Сергеевич

АО «Протон-Электротекс», г. Орёл
Инженер-конструктор
302040, г. Орёл, ул. Лескова, 19
Тел. (4862) 44–04–11
E-mail: a.vishnyakov@proton-electrotex.com

Орлов Евгений Юрьевич

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл
Аспирант
302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
Тел. (4862) 41–98–02
E-mail: sim1@mail.ru

Санников Михаил Дмитриевич

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл
Аспирант
302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
Тел. (4862) 41–98–02
E-mail: sim1@mail.ru

S.I. MATYUKHIN, K.Yu. FROLENKOV, D.O. MALYI, A.S. VISHNYAKOV,
E.Yu. ORLOV, M.D. SANNIKOV

**COMPUTER SIMULATION OF THE THERMOMECHANICAL
DEFORMATIONS ARISING IN THE MANUFACTURING
AND OPERATION OF POWER SEMICONDUCTOR MODULES
OF SOLDERED CONSTRUCTION**

Abstract. *The problem of predicting of thermomechanical deformations associated with thermal effects in the manufacturing and operation of power semiconductor modules of soldered construction is solved by computer simulation methods in Comsol Multiphysics software. It is shown that these deformations arising due to the difference in the thermal expansion coefficients of materials do not depend on the module initial deformation and can be eliminated by preforming their base.*

Keywords: *power semiconductor module, soldered construction, thermomechanical deformation, computer simulation, Comsol Multiphysics.*

BIBLIOGRAPHY

1. Florentsev, S.N. Sovremennoye sostoyaniye i prognoz razvitiya priborov silovoy elektroniki / S.N. Florentsev // Sovremennyye tekhnologii avtomatizatsii. – 2004. – №2. – С.20–30.

2. Yevseyev, YU.A. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya rossiyskoy poluprovodnikovoy elementnoy bazy silovoy elektroniki / YU.A. Yevseyev, V.D. Kovalev, A.M. Surma // Elektro. – 2005. – №5. – S.2–14.
3. Minato, T. Future Trend of Si Power Device / T. Minato, K. Sato // IEICE Electronics Express. – 2014. – V.11. – №3. – P.1–17.
4. Vobecky, J. The Current Status of Power Semiconductors / J. Vobecky // Facta Universitatis. Series: Electronics and Energetics. – 2015. – V.28. – №2. – P.193–203.
5. Florentsev, S.N. Silovyye IGBT–moduli – osnova sovremennogo preobrazovatel'nogo oborudovaniya / S.N. Florentsev // Elektronnyye komponenty. – 2002. – №6. – S.11–17.
6. Islamgazina, L. Tekhnologicheskiye metody povysheniya nadezhnosti silovykh moduley / L. Islamgazi-na // Tekhnologii v elektronnoy promyshlennosti. – 2005. – №2. – S.58–60.
7. Bouarroudj, M. Degradation behavior of 600 V–200 A IGBT modules under power cycling and high temperature environment conditions / M. Bouarroudj, Z. Khatir, J.P. Ousten, F. Badel, L. Dupont, S. Lefebvre // Microelectronics Reliability. – 2007. – V.47. – P.1719–1724.
8. Morozumi, A. Reliability of Power Cycling for IGBT Power Semiconductor Modules / A. Morozumi, K. Yamada, T. Miyasaka, S. Sumi, Y. Seki // IEEE Transactions on Industry Applications. – 2003. – V.39. – No.3. – P.665–671.
9. Ciappa, M. Selected failure mechanisms of modern power modules / M. Ciappa // Microelectronics Reliability. – 2002. – V.42. – P.653–667.
10. Lu, H. Design for reliability of power electronics modules / H. Lu, C. Bailey, C. Yin // Microelectronics Reliability. – 2009. – V.49. – P.1250–1255.
11. Busca, C. Modeling lifetime of high power IGBTs in wind power applications – An overview / C. Busca // IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE). – 2011. – P.1408–1413.
12. Matyukhin, S.I. Sovremennoye programmnoye obespecheniye dlya modelirovaniya v elektronike / S.I. Matyukhin, G.R. Makulevskiy, O.V. Deyev // Informatsionnyye sistemy i tekhnologii. – 2014. – №2 (82). – S.58–71.
13. Comsol Multiphysics Users Guide, – Comsol. – 2012. – 1292 p.
14. Matyukhin, S.I. Kompyuternoye modelirovaniye deformatsiy, vznikayushchikh pri proizvodstve silovykh poluprovodnikovyykh moduley payanoy konstruktssii / S.I. Matyukhin, D.O. Malyi, A.S. Vishnyakov // Sb. truzhnikov III Mezhdunar. nauchno–prakticheskoy konf. «Sovremennyye problemy fiziko–matematicheskikh nauk». – Orel: OGU im. I.S. Turgeneva. – 2017. – S.246–249.

Matyukhin Sergey Ivanovich

Orel State University, Orel
DSc, Head of the Department of Technical Physics and Mathematics
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph. (4862) 41–98–02
E-mail: sim1@mail.ru

Frolenkov Konstantin Yuryevich

Orel State University, Orel
PhD, Associate Professor at the Department of Industrial Chemistry and Biotechnology
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph. (4862) 41–98–92
E-mail: sim1@mail.ru

Malyi Denis Olegovich

Proton–Electrotex Inc., Orel
Design Engineer
302040, Orel, Leskovs str., 19
Ph. (4862) 44–04–11
E-mail: d.malyy@proton–electrotex.com

Vishnyakov Aleksandr Sergeyevich

Proton–Electrotex Inc., Orel
Design Engineer
302040, Orel, Leskovs str., 19
Ph. (4862) 44–04–11
E-mail: a.vishnyakov@proton–electrotex.com

Orlov Evgeniy Yuryevich

Orel State University, Orel
Postgraduate
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph. (4862) 41–98–02
E-mail: sim1@mail.ru

Sannikov Mikhail Dmitriyevich

Orel State University, Orel
Postgraduate
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph. (4862) 41–98–02
E-mail: sim1@mail.ru

УДК 687.157:[612.53+612.135]

М.В. РОДИЧЕВА, А.В. АБРАМОВ, Ю.И. ЛОКТИОНОВА, А.И. ЖЕРЕБЦОВА

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ И ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ОЦЕНКЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОДЕЖДЫ

Аннотация. В традиционных исследованиях теплового состояния человека не учитывается изменение микроциркуляции крови, которая играет существенную роль в терморегуляции организма. В работе показана возможность применения результатов исследования параметров микроциркуляции крови при оценке теплового состояния человека. В процессе экспериментальных исследований сопоставлялись результаты

регистрации перфузии крови и температуры пододежного пространства при различных рабочих позах и видах нагрузки. Результаты исследований позволили установить прямую корреляцию между изменением температуры пододежного пространства и величиной микроциркуляции крови, что позволяет судить о возможности оценки теплового состояния человека с учетом параметров микроциркуляции крови в поверхностных слоях кожи.

Ключевые слова: тепловое состояние человека, вентилируемая одежда, физическая нагрузка, термометрия, лазерная доплеровская флоуметрия, микроциркуляция крови.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук № МК–3400.2018.8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фиала, Д.А. computer model of human thermoregulation for a wide range of environmental conditions: the passive system [Text] / D. Fiala, K.J. Lomas, M. Stohrer // Journal of Applied Physiology. – 1999. – Vol. 87. – № 5. – P. 1957–1972. – ISSN 8750–7587.
2. Минами, В. Ю. Study on human physiological models for hot environments [Text] / Y. Minami, R. Ooka, T. Sakoi, K. Tsuzuki, S. Sawasaki // Sixth International Thermal Manikin and Modelling Meeting (6I3M). – (Hong Kong, 2006). – P. 89–97.
3. Жеребцова, А.И. Аналитический обзор математических моделей взаимосвязи параметров кровоснабжения и кожной температуры [Текст] / А.И. Жеребцова // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2015. – № 5(313). – С. 104–113. – ISSN 2073–7408.
4. Саломов, М. А. New transient bioheat model of the human body and its integration to clothing models [Text] // International Journal of Thermal Sciences. – 2007. – Vol. 46. – № 4. – P. 371–384. – ISSN 1290–0729.
5. Гордон, А. Г. Mathematical model of the human temperature regulatory system – Transient cold exposure response [Text] / R.G. Gordon, R.B. Roemer, S.M. Horvath // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 1976. – Vol. 23. – № 6. – P. 434–444.
6. Фарингтон, В. Р. Use of a thermal manikin to evaluate human thermoregulatory responses in transient, non-uniform, thermal environments. SAE Paper No. 2004–01–2345. [Text] / R.B. Farrington, J.P. Rugh, D. Bharathan, R. Burke // Proceedings of the 34th International Conference on Environmental Systems (ICES). – (Colorado Springs, Colorado, 19–22 July 2004). – Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers. – 2004. – 9 pp.
7. Дэли, С. М. Go with the flow: a review of methods and advancements in blood flow imaging [text] / s.m. Daly, m.j. Leahy // journal of biophotonics. – 2013. – vol. 6. – № 3. – p. 217–255. – issn 1864–063x.
8. Фредриксон, М. И. Model-based quantitative laser Doppler flowmetry in skin [Text] / I. Fredriksson, M. Larsson, T. Strömberg // Journal of Biomedical Optics. – 2010. – Vol. 15. – № 5. – P. 057002. – ISSN 1083–3668.
9. Стефановски, А. Г. Wavelet analysis of oscillations in the peripheral blood circulation measured by laser doppler technique [text] / a. Stefanovska, m. Bracic, h.d. Kvernmo // ieee transactions on biomedical engineering. – 1999. – vol. 46. – № 10. – p. 1230–1239. – issn 0018–9294.
10. Захаробцев, В. B. Novel wearable fiber-based blood perfusion sensor [text] / e. Zhrebtssov, s. Sokolovski, v. Sidorov, i. Rafailov, a. Dunaev, e. Rafailov // 2018 international conference laser optics (iclo). – (saint petersburg, russia, 4–8 june 2018). – p. 564–564.
11. Родичева, М. К. Биотехнические основы проектирования одежды для защиты от неблагоприятных температур [текст] / М.В. Родичева, А.В. Абрамов, А.В. Уваров. – Орел: госуниверситет–унпк, 2014. – 137 с.
12. Родичева, М. А. Расчет параметров естественной вентиляции при разработке средств индивидуальной защиты [Текст] // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2011. – № 3(287). – С. 120–124. – ISSN 2073–7408.

Родичева Маргарита Всеволодовна
ОГУ имени И.С. Тургенева
Кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой индустрии моды
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел.: +7 (920) 287–93–32
E-mail: rodicheva.unpk@gmail.com

Абрамов Антон Вячеславович
ОГУ имени И.С. Тургенева
Доктор технических наук, доцент,
доцент кафедры техносферной безопасности
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел.: +7 (961) 627–88–88
E-mail: ant-lin88@mail.ru

Локтионова Юлия Игоревна
ОГУ имени И.С. Тургенева
Студент кафедры приборостроения,

Жеребцова Ангелина Ивановна
ОГУ имени И.С. Тургенева
Кандидат технических наук, старший научный сотрудник

M.V. RODICHEVA, A.V. ABRAMOV, YU.I. LOKTIONOVA, A.I. ZHEREBTSOVA

DEVELOPMENT METHODS RESEARCH MICROCIRCULATION BLOOD AND TERMAL STATES PERSON EVALUTION OPRATIONAL EFFICIENCY CLOTHES

Abstract. *In traditional studies of the thermal state of a person does not take into account the change in blood microcirculation, which plays an important role in the thermoregulation of the body. The paper shows the possibility of using the results of the study of blood microcirculation parameters in the assessment of the thermal state of a person. In the process of experimental studies compared the results of registration of blood perfusion and the temperature of the clothing space in different working positions and load cases. The results of the research allowed to establish a direct correlation between the change in temperature of the pododezhny space and the value of blood microcirculation, which allows us to judge the possibility of assessing the thermal state of a person taking into account the parameters of blood microcirculation in the surface layers of the skin.*

Keywords: *human thermal state, ventilated clothing, physical activity, thermometry, laser Doppler flowmetry, blood microcirculation.*

BIBLIOGRAPHY

1. Fiala, D. A. computer model of human thermoregulation for a wide range of environmental conditions: the passive system [Text] / D. Fiala, K.J. Lomas, M. Stohrer // Journal of Applied Physiology. – 1999. – Vol. 87. – № 5. – P. 1957–1972. – ISSN 8750–7587.
2. Minami, Y. Study on human physiological models for hot environments [Text] / Y. Minami, R. Ooka, T. Sakoi, K. Tsuzuki, S. Sawasaki // Sixth International Thermal Manikin and Modelling Meeting (6I3M). – (Hong Kong, 2006). – P. 89–97.
3. Zherebtsova, A.I. Analytical review of mathematical models of relationship between blood flow and skin temperature parameters [Text] / A.I. Zherebtsova // Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology. – 2015. – № 5(313). – P. 104–113. – ISSN 2073–7408.
4. Salloum, M. A new transient bioheat model of the human body and its integration to clothing models [Text] // International Journal of Thermal Sciences. – 2007. – Vol. 46. – № 4. – P. 371–384. – ISSN 1290–0729.
5. Gordon, R.G. A mathematical model of the human temperature regulatory system – Transient cold exposure response [Text] / R.G. Gordon, R.B. Roemer, S.M. Horvath // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 1976. – Vol. 23. – № 6. – P. 434–444.
6. Farrington, R.B. Use of a thermal manikin to evaluate human thermoregulatory responses in transient, non-uniform, thermal environments. SAE Paper No. 2004–01–2345. [Text] / R.B. Farrington, J.P. Rugh, D. Bharathan, R. Burke // Proceedings of the 34th International Conference on Environmental Systems (ICES). – (Colorado Springs, Colorado, 19–22 July 2004). – Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers. – 2004. – 9 pp.
7. Daly, S.M. Go with the flow: A review of methods and advancements in blood flow imaging [Text] / S.M. Daly, M.J. Leahy // Journal of Biophotonics. – 2013. – Vol. 6. – № 3. – P. 217–255. – ISSN 1864–063X.
8. Fredriksson, I. Model-based quantitative laser Doppler flowmetry in skin [Text] / I. Fredriksson, M. Larsson, T. Strömberg // Journal of Biomedical Optics. – 2010. – Vol. 15. – № 5. – P. 057002. – ISSN 1083–3668.
9. Stefanovska, A. Wavelet analysis of oscillations in the peripheral blood circulation measured by laser Doppler technique [Text] / A. Stefanovska, M. Bracic, H.D. Kvernmo // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 1999. – Vol. 46. – № 10. – P. 1230–1239. – ISSN 0018–9294.
10. Zherebtsov, E. Novel wearablevcsl-based blood perfusion sensor [Text] / E. Zherebtsov, S. Sokolovski, V. Sidorov, I. Rafailov, A. Dunaev, E. Rafailov // 2018 International Conference Laser Optics (ICLO). – (Saint Petersburg, Russia, 4–8 June 2018). – P. 564–564.
11. Rodicheva M.V. Biotechnical bases of designing clothes for protection against adverse temperatures / M.V. Rodicheva, A.V. Abramov, A.V. Uvarov. – Orel State University–ESPC, 2014. – 137 p.

12. Rodicheva M.V. Calculation of natural ventilation parameters in the development of personal protective equipment / M.V. Rodicheva, A.V. Abramov, E.M. Agashkov, T.I. Belova // Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology. – 2011. – № 3(287). – P. 120–124. – ISSN 2073–7408.

Rodicheva Margarita Vsevolodovna

Orel State University named after I.S. Turgenev
Candidate of Technical Sciences,
Head of the Fashion Industry Department
302026, Orel, 95 Komsomolskaya St.
Tel.: +7 (920) 287–93–32
E-mail: rodicheva.unpk@gmail.com

Abramov Anton Vyacheslavovich

Orel State University named after I.S. Turgenev
Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor of the Technosphere Safety Department
302026, Orel, 95 Komsomolskaya St.
Tel.: +7 (961) 627–88–88
E-mail: ant-lin88@mail.ru

Loktionova Yulia Igorevna

Orel State University named after I.S. Turgenev
Student of the Instrument Engineering,
Metrology and Certification Department
302026, Orel, 95 Komsomolskaya St.
Tel.: +7 (4862) 41–98–37
E-mail: julya-loktionova@mail.ru

Zherebtsova Angelina Ivanovna

Orel State University named after I.S. Turgenev
Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow
of the Research and Development Center of Biomedical Photonics
302026, Orel, 95 Komsomolskaya St.
Tel.: +7 (4862) 41–98–37
E-mail: angelina.zherebtsova@yandex.ru

КОНТРОЛЬ, ДИАГНОСТИКА, ИСПЫТАНИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

УДК 620.179

П.Н. ШКАТОВ, Г.А. ДИДИН, А.А. ЕРМОЛАЕВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЛОЙНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ В МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕПЛАСТИКОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ ВИХРЕТОКОВЫМ МЕТОДОМ

Аннотация. Особенность углепластиковых композитных материалов (УКМ) состоит в ярко выраженной анизотропии удельной электрической проводимости за счет ориентации электропроводящих углеродных волокон в общем направлении. Прямое измерение удельной электрической проводимости многослойных УКМ затруднительно. В работе изложена методика определения эквивалентной удельной электрической проводимости σ_x и σ_y в ортогональных направлениях для каждого слоя объектов из многослойных УКМ вихретоковым методом. Разработанная методика сочетает экспериментальные измерения и компьютерное моделирование на основе метода конечных элементов. Полученные значения σ_x и σ_y позволяют в определенной степени судить о качестве объекта из УКМ. Кроме того эти знания необходимы для компьютерного моделирования взаимодействия вихретоковых преобразователей с объектами из УКМ при разработке соответствующих методик контроля, например, выявления дефектов сплошности.

Ключевые слова: вихретоковый контроль, углеродные композитные материалы, компьютерное моделирование, удельная электрическая проводимость.

Работа выполнена при финансовой поддержке фонда «Сколково» в рамках проекта «Карбон—контроль. Система оперативного контроля изделий из композитных многослойных материалов» (минигрант № МГ 25/18 от 07 сентября 2018 г.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li Z., Haigh A., Soutis C., Gibson A., Sloan R., Karimian N. Detection and evaluation of damage in aircraft composites using electromagnetically coupled inductors // Composite Structures. – 2016. – V. 140. – pp. 252–261.
2. Kourra N., Warnett J.M., Attridge A., Kiraci E., Gupta A., Barnes S., et al. Metrological study of CFRP drilled holes with x-ray computed tomography // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2015. – v. 78. – issue 9. – pp. 2025–2035.
3. Merino Farinas M.D., Gómez Alvarez—Arenas T.E., Aguado E.C., Merino M.G. Non—contact ultrasonic

inspection of CFRP prepregs for aeronautical applications during lay-up fabrication // Prague: Ultrasonics Symposium.— 2013. — pp. 1590–1593.

4. Li Y., Zhang W., Yang Z., Zhang J., Tao S. Low-velocity impact damage characterization of carbon fiber reinforced polymer (CFRP) using infrared thermography // Infrared Phys. Technol. v.76.— 2016.— pp. 91–102.

5. Liu P., Yang J., Peng X. Delamination analysis of carbon fiber composites under hygrothermal environment using acoustic emission // Journal Composite Materials.— 2017.— v. 51, issue 11.— pp. 1557–1571.

6. Федосенко Ю.К., Шкатов П.Н., Ефимов А.Г. Вихретоковый контроль. — М.: Издательский дом «Спектр».— 2014.— 240 с. (2-е издание).

7. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ Вавилов В.П., Подмастерьев К.В., Соснин Ф.Р., Корндорф С.Ф., Ногачева Т.И., Пахолкин Е.В., Бондарева Л.А., Мужичкий В.Ф. Справочник в 8 томах / Под общей редакцией В.В. Клюева. Москва, 2006. Том 5 Книга 1. Тепловой контроль. Книга 2. Электрический контроль (2-е издание, исправленное)

8. Ueda M., Todoroki A., Shimamura Y. Kobayashi H. Monitoring delamination of laminated CFRP using the electric potential change method (two-stage monitoring for robust estimation) // Composite Materials.— 2005/— v. 14, No. 1, pp. 83–97.

9. Wang H, Long S, Zhang X, Yao X., Study on the delamination behavior of thick composite laminates under low-energy impact // Composite Structures/— 2018.— v. 184. — pp. 461–73.

10. Ruediger Schueler, Shiv P. Joshi, Karl Schulte, Damage detection in CFRP by electrical conductivity mapping // Composites Science and Technology.— 2001.— v. 61.— pp. 921–930.

11. Takahashi, K., Todoroki, A., Shimamura, Y., Iwasaki, A., Statistical Damage Detection of Laminated CFRP Beam Using Electrical Resistance Change Method // Key Engineering Materials.— 2007.— v. 353–358.— pp. 2337–2340.

12. Grimberg R., Savin A., Steigmann R., Bruma A. Eddy current examination of carbon fibres in carbon-epoxy composites and Kevlar // In: 8th International Conference of the Slovenian Society for Non-Destructive Testing.— Portorož.— 2005.— pp. 223–228.

13. Grimberg R, Savin A, Steigmann R, Brauma A, Barsanescu P. Ultrasound and eddy current data fusion for evaluation of carbon-epoxy composite delaminations // Insight Non-Destructive Test Cond Monit, 2009.— v. 51, issue 1, pp. 25–31.

14. Hoshikawa H, Koyama K. A new eddy current probe with minimal liftoff noise and phase information on discontinuity depth // Materials Evaluation.— 2003.— v. 61.— issue 3.— pp. 423–427.

15. J. Cheng, H. Ji, J. Qiu, Takagi T., Uchimoto T., Hu N., Novel electromagnetic modeling approach of carbon fiber-reinforced polymer laminate for calculation of eddy currents and eddy current testing signals // Journal of Composite Materials.— 2015.— v. 49.—, pp. 617–631.

16. Lakhdaria A., Cherieta M., Feliachic A. 3D-FVM anisotropic model for eddy current problems related to composite materials // Nondestructive testing and evaluation.— Published online: 02 Sep 2018.—pp. 438–450,.

17. Zeng Z., Jiao S., Du F., Sun L. Li J. Eddy current testing of delamination in carbon fiber reinforced polymer (CFRP): A Finite Element Analysis // Journal Research in Nondestructive Evaluation.— 2018.— v. 29.— issue 4.— pp. 199–211.

Шкатов Петр Николаевич
ФГБОУ ВПО «МИРЭА –
Российский технологический
университет», г. Москва
Доктор технических наук,
профессор кафедры «Физики и
химии материалов им. Б.А.
Догадкина»,
Тел.: +7 (499) 681–33–56
E-mail: petr_shkatov@mail.ru

Дидин Геннадий Анатольевич
ООО «ГлавДиагностика»
Кандидат технических наук,
Генеральный директор,
107023, Москва, ул. Буженинова
д. 2
Тел. +7 (495) 964–04–84
E-mail: 362@mail.ru

Ермолаев Алексей Александрович
ФГБОУ ВПО «МИРЭА –
Российский технологический
университет», г. Москва
аспирант кафедры «Электроники»
107996, г. Москва, ул. Стромынка,
д.20
Тел.: +7 (499) 681–33–56
E-mail: konig834@mail.ru

P.N. SHKATOV, G.A. DIDIN, A.A. ERMOLAEV

DETERMINATION OF THE LAYERED DISTRIBUTION OF THE EQUIVALENT ELECTRICAL CONDUCTIVITY IN A MULTIDIRECTIONAL CARBON FIBER REINFORCED POLYMER MATERIALS BY EDDY CURRENT METHOD

Abstract. *The paper describes the developed methodology for determining the equivalent electrical conductivity of multidirectional carbon fiber reinforced polymer materials, with the aim of obtaining initial data for computer simulation of their interaction with eddy current probes. A feature of carbon fiber reinforced polymer objects*

consists in the pronounced anisotropy of the specific electrical conductivity of individual layers of carbon filaments oriented in the general direction. The developed technique combined experimental measurements and computer simulation based on the finite element method.

Keywords: eddy current testing, carbon composite materials, computer simulation, equivalent electrical conductivity.

BIBLIOGRAPHY

1. Li Z., Haigh A., Soutis C., Gibson A., Sloan R., Karimian N. Detection and evaluation of damage in aircraft composites using electromagnetically coupled inductors // *Composite Structures*.— 2016.—V. 140.— pp. 252–261.
2. Kourra N., Warnett J.M., Attridge A., Kiraci E., Gupta A., Barnes S., et al. Metrological study of CFRP drilled holes with x-ray computed tomography // *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*.— 2015.— v. 78.— issue 9.— pp. 2025–2035.
3. Merino Farinas M.D., Gómez Alvarez—Arenas T.E., Aguado E.C., Merino M.G. Non—contact ultrasonic inspection of CFRP prepregs for aeronautical applications during lay—up fabrication // *Prague: Ultrasonics Symposium*.— 2013.— pp. 1590–1593.
4. Li Y., Zhang W., Yang Z., Zhang J., Tao S. Low—velocity impact damage characterization of carbon fiber reinforced polymer (CFRP) using infrared thermography // *Infrared Phys. Technol.* v.76.— 2016.— pp. 91–102.
5. Liu P., Yang J., Peng X. Delamination analysis of carbon fiber composites under hygrothermal environment using acoustic emission// *Journal Composite Materials*.— 2017.— v. 51, issue 11.— pp. 1557–1571.
6. Fedosenko YU.K., Shkatov P.N., Yefimov A.G. Vkhretokovyy kontrol. — M.: Izdatelskiy dom «Spektr».— 2014.— 240 s. (2—ye izdaniye).
7. NERAZRUSHAYUSHCHIY KONTROL Vavilov V.P., Podmasteryev K.V., Sosnin F.R., Korndorf S.F., Nogacheva T.I., Pakholkin Ye.V., Bondareva L.A., Muzhitskiy V.F. Spravochnik v 8 tomakh / Pod obshchey redaktsiyey V.V. Klyuyeva. Moskva, 2006. Tom 5 Kniga 1. Teplovoy kontrol. Kniga 2. Elektricheskiy kontrol (2—ye izdaniye, ispravlennoye) Ueda M., Todoroki A., Shimamura Y. Kobayashi H. Monitoring delamination of laminated CFRP using the electric potential change method (two—stage monitoring for robust estimation) // *Composite Materials*.— 2005/— v. 14, No. 1, pp. 83–97.
8. Wang H, Long S, Zhang X, Yao X., Study on the delamination behavior of thick composite laminates under low—energy impact // *Composite Structures*.— 2018.— v. 184.— pp. 461–73.
9. Ruediger Schueler, Shiv P. Joshi, Karl Schulte, Damage detection in CFRP by electrical conductivity mapping // *Composites Science and Technology*.— 2001.— v. 61.— pp. 921–930.
10. Takahashi, K., Todoroki, A., Shimamura, Y., Iwasaki, A., Statistical Damage Detection of Laminated CFRP Beam Using Electrical Resistance Change Method // *Key Engineering Materials*.— 2007.— v. 353–358.— pp. 2337–2340.
11. Grimberg R., Savin A., Steigmann R., Bruma A. Eddy current examination of carbon fibres in carbon—epoxy composites and Kevlar// In: 8th International Conference of the Slovenian Society for Non—Destructive Testing.— Portorož.— 2005.— pp. 223–228.
12. Grimberg R, Savin A, Steigmann R, Brauma A, Barsanescu P. Ultrasound and eddy current data fusion for evaluation of carbon—epoxy composite delaminations // *Insight Non—Destructive Test Cond Monit*, 2009.— v. 51, issue 1, pp. 25–31.
13. Hoshikawa H, Koyama K. A new eddy current probe with minimal liftoff noise and phase information on discontinuity depth // *Materials Evaluation*.— 2003.— v. 61.— issue 3.— pp. 423–427.
14. J. Cheng, H. Ji, J. Qiu, Takagi T., Uchimoto T., Hu N., Novel electromagnetic modeling approach of carbon fiber—reinforced polymer laminate for calculation of eddy currents and eddy current testing signals // *Journal of Composite Materials*.— 2015.— v. 49.—, pp. 617–631.
15. Lakhдаря A., Cherieta M., Feliachic A. 3D—FVM anisotropic model for eddy current problems related to composite materials // *Nondestructive testing and evaluation*.— Published online: 02 Sep 2018.—pp. 438–450,.
16. Zeng Z., Jiao S., Du F., Sun L.Li J. Eddy current testing of delamination in carbon fiber reinforced polymer (CFRP): A Finite Element Analysis // *Journal Research in Nondestructive Evaluation*.— 2018.— v. 29.— issue 4.— pp. 199–211.

Shkatov Petr Nikolaevich

Dr. Sc., professor
professor of the Chemistry of
Materials named after B.A. Dogadkin
of Moscow technological university,
107996, Moscow, Stromynka st.,20
Ph.: +7 (499) 681—33—56
E—mail: petr_shkatov@mail.ru

Didin Gennady Anatolevich

Ph.D., General Director
GlavDagnostika LLC,
107023, Moscow, Buzheninova st. 2
Ph. +7 (495) 964—04—84
E—mail: 362@mail.ru

Ermolaev Aleksey Aleksandrovich

Postgraduate Student, Department of
Electronics of Moscow technological
university,
107996, Moscow, Stromynka st.,20
Ph.: +7 (499) 681—33—56
E—mail: konig834@mail.ru

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

СЕКЦИЯ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА»

УДК 621.036.7

А.Р. АБЛАЕВ

**КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ
(ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ)**

Аннотация. *Представлен анализ критериев эффективности, применимых к любому оборудованию, на всех этапах жизненного цикла. В частности, рассмотрены вопросы оптимизации теплообменного оборудования, на основе критериев эффективности.*

Ключевые слова: *эффективность, теплообменное оборудование.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каневец, Г.Е. Введение в автоматизированное проектирование теплообменного оборудования / Г.Е. Каневец, И.Д. Зайцев, И.И. Головач. – Киев: Наук. думка, 1986. – 272 с.
2. Каневец, Г.Е. Иерархия критериев эффективности химико–технологических, энерготехнологических и теплоэнергетических систем и их элементов / Г.Е. Каневец, Ю.В. Евдокимов, А.И. Розенфельд // Химическая технология, № 5 – 1987. – С.5–13.
3. Каневец, Г.Е. Теплообменники и теплообменные системы / Г.Е. Каневец. Киев: Наук. думка, 1981. – 272 с.
4. Каневец, Г.Е. Обобщенные методы расчета теплообменников / Г.Е. Каневец. Киев: Наук. думка, 1979. – 352 с.
5. Каневец, Г.Е. Проблемы исследования сложных систем и их элементов. Состояние и перспективы системных исследований химико – и энерготехнологических объектов / Г.Е. Каневец. Киев: Наук. думка, 1986, С.21–36.
6. Kanewez, G. Berechnung von Wärmeübertragern. Berlin: Akademie-Ferlag, 1982. –328 S.
7. Каневец, Г.Е. Повышение эффективности и надежности технологического оборудования при проектировании / Г.Е. Каневец, А.А. Политыкина // Химическая технология, № 6 – 1986. – С.45–50.

Аблаев Алим Рустемович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Энергоустановок морских судов и сооружений»

299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33

Тел. 8978–810–05–64

E-mail: ARAblaev@sevsu.ru

A.R. ABLAEV

CRITERIA OF EQUIPMENT EFFICIENCY (SYSTEM ELEMENTS)

Abstract. *An analysis of the performance criteria applicable to any equipment at all stages of the life cycle is presented. In particular, the issues of optimization of heat exchange equipment, based on efficiency criteria, are considered.*

Keywords: *efficiency, heat exchange equipment.*

BIBLIOGRAPHY

1. Kanevets, G.Ye. Vvedeniye v avtomatizirovannoye proyektirovaniye teploobmennogo oborudovaniya / G.Ye. Kanevets, I.D. Zaytsev, I.I. Golovach. – Kiyev: Nauk. dumka, 1986. – 272 s.
2. Kanevets, G.Ye. Iyerarkhiya kriteriyev effektivnosti khimiko–tehnologicheskikh, energotekhnologicheskikh i teploenergeticheskikh sistem i ikh elementov / G.Ye. Kanevets, YU.V. Yevdokimov, A.I. Rozenfeld // Khimicheskaya tekhnologiya, № 5 – 1987. – S.5–13.
3. Kanevets, G.Ye. Teploobmenniki i teploobmennyye sistemy / G.Ye. Kanevets. Kiyev: Nauk. dumka, 1981. – 272 s.
4. Kanevets, G.Ye. Obobshchennyye metody rascheta teploobmennikov / G.Ye. Kanevets. Kiyev: Nauk. dumka, 1979. – 352 s.
5. Kanevets, G.Ye. Problemy issledovaniya slozhnykh sistem i ikh elementov. Sostoyaniye i perspektivy sistemnykh issledovaniy khimiko – i energotekhnologicheskikh ob"yektov / G.Ye. Kanevets. Kiyev: Nauk. dumka, 1986, S.21–36.
6. Kanewez, G. Berechnung von Wärmeübertragern. Berlin: Akademie-Ferlag, 1982. – 328 S.
7. Kanevets, G.Ye. Povysheniye effektivnosti i nadezhnosti tekhnologicheskogo oborudovaniya pri proyektirovanii / G.Ye. Kanevets, A.A. Politykina // Khimicheskaya tekhnologiya, № 6 – 1986. – S.45–50.

Ablaev Alim Rustemovich

Ph.D., Associate Professor

Sevastopol State University

299053, Sevastopol, Universitetskaya Str. 33

Ph.: 8978–810–05–64

E-mail: ARABlaev@sevsu.ru

УДК 621.0:519.873

М.В. ЗАМОРЁНОВ, Л.Е. КАРТАШОВ, В.Я. КОПП

ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ НЕЙРОННЫМИ СЕТЯМИ

Аннотация. *Выполнен обзор существующих методов идентификации законов распределения наработки на отказ или восстановление. Произведен анализ рассмотренных методов. Произведено моделирование вероятностной нейронной сети, определены параметры, влияющие на качество распознавания.*

Ключевые слова: *Автоматизированные линии, законы распределения, вероятностные нейронные сети.*

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации (№ 1.10513.2018/11.12), при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (№19–01–00704а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 50–690–89. Руководящий документ по стандартизации. Методические указания. Надежность в технике. Методы оценки показателей надёжности по экспериментальным данным. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1991.
2. Ястребенецкий М.А. Определение надежности аппаратуры промышленной автоматики в условиях эксплуатации. – М.: Рипол Классик, 2014. – 134 с.
3. OConnor P., Kleyner A. Practical reliability engineering, 5th ed., Chichester: John Wiley & Sons, 2012.
4. Байхельт, Ф. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход: пер с нем. / Ф. Байхельт, П. Франкен. – М.: Радио и связь, 1988. – 392 с.
5. ГОСТ Р 5479–2002. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения – М.: Издательство стандартов, 2002. – 30 с.
6. ГОСТ 27.402–95. Надежность в технике. Планы испытаний для контроля средней наработки до отказа (на отказ). Часть 1. Экспоненциальное распределение – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002 – 40 с.
7. ГОСТ Р 50779.27–2007. Статистические методы. Критерий согласия и доверительные интервалы для распределения Вейбулла – М.: Стандартинформ, 2008 – 11 с.
8. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. – М.: Наука, 1965.

9. ГОСТ Р 27.004–2009. Надежность в технике. Модели отказов. – М.: Стандартиформ, 2010. – 17 с.
10. Косарев Е.Л. Методы обработки экспериментальных данных. – 2-е изд., перераб. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 208 с.
11. Хан Г., Шапиро С. Статистические модели в инженерных задачах. – М.: Мир, 1969.
12. Durivage M. A. Practical engineering, process, and reliability statistics. Milwaukee: ASQ Quality Press, 2015.
13. Крянев А. В., Лукин Г. В. Математические методы обработки неопределенных данных. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 216 с.
14. Сызранцев В.Н., Невелев Я.П., Голофаст С.Л. Адаптивные методы восстановления функции плотности распределения вероятности: Известия ВУЗов. Машиностроение. – 2006 г. – № 12 – с. 3–11.
15. Р 50.1.033–2001. Рекомендации по стандартизации. Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. Часть I. Критерии типа хи–квадрат. – М.: Изд–во стандартов, 2002. – 87 с.
16. Р 50.1.037–2002. Рекомендации по стандартизации. Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. Часть II. Непараметрические критерии. – М.: Изд–во стандартов, 2002. – 64 с.
17. Боровков А. А. Математическая статистика. – Новосибирск: Наука; Издательство Института математики, 1997. – 772 с.
18. Живописцев Ф.А., Иванов В.А. Статистический анализ в экспериментальной ядерной физике. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 208 с.
19. Орлов Ю.Н. Оптимальное разбиение гистограммы для оценивания выборочной плотности функции распределения нестационарного временного ряда // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша, 2013. № 14. 26 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-14>
20. Dekking F.M., Kraaikamp C., Lopuhaa H.P., Meester L.E. A modern introduction to probability and statistics. London: Springer, 2005.
21. Яшин А.В., Лотонов М.А. Выбор метода решения задачи идентификации законов распределения случайных погрешностей средств измерений // Измерительная техника. 2003. – № 3. – С. 3–5.
22. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. – 2-е изд. – М.: Наука, 1979. – 285 с.
23. Айду Ф. А., Вапник В. Н., Оценивание плотности вероятностей на основе метода стохастической регуляризации. – Автомат. и телемех., 1989, № 4, с. 84–97.
24. Лапко А.В., Ченцов С.В., Крохов С.И., Фельдман Л.А. Обучающиеся системы обработки информации и принятия решений. – Новосибирск: Наука, 1996. – 296 с.
25. Parzen E. An estimation of a probability density function and mode // Ann.Math.Stat. – 1962. – Т. 33. – Р. 1065–1076.
26. Вапник В.Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным. – М.: Наука, 1979. – 448 с.
27. Крянев А.В., Лукин Г.В. Математические методы обработки неопределенных данных. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 216 с.
28. Лапко А.В., Ченцов С.В., Крохов С.И., Фельдман Л.А. Обучающиеся системы обработки информации и принятия решений. – Новосибирск: Наука, 1996. – 296 с.
29. Wolverton C.T., Wagner T.J. Asymptotically optimal discriminant functions for pattern classification // IEEE Trans. – 1969. – V. IT 15. – № 2. – pp. 258–266.
30. Specht D. F. Probabilistic neural networks / D. F. Specht // Neural Networks, V. 3, 1990. – pp.109 – 118.
31. Биргер И.А. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.

Заморёнов Михаил Вадимович
канд. техн. наук, доц., Россия,
Севастополь,
Севастопольский государственный
университет
e-mail: Zamoryonoff@gmail.com,

Карташов Леонид Евгеньевич
канд. техн. наук, доц., Россия,
Севастополь,
Севастопольский
государственный университет
e-mail: ninakar@rambler.ru

Копп Вадим Яковлевич
д-р техн. наук, проф., Россия,
Севастополь,
Севастопольский
государственный университет
e-mail: v_kopp@mail.ru

M.V. ZAMORENOV, L.E. KARTASHOV, V.Y. KOPP

IDENTIFICATION OF DISTRIBUTION LAWS BY EXPERIMENTAL DATA BY NEURAL NETWORKS

Abstract. *A review of the existing methods for identifying the laws of time between failures and restoration is performed. The analysis of the considered methods is made. A probabilistic neural network was modeled, parameters affecting the quality of recognition were determined.*

Keywords: *automated lines, laws of distribution of developments, probabilistic neural networks.*

BIBLIOGRAPHY

1. RD 50–690–89. Rukovodyashchij dokument po standartizacii. Metodicheskie ukazaniya. Nadezhnost v tekhnike. Metody ocenki pokazatelej nadyozhnosti po ehksperimentalnym dannym. – M.: Gosudarstvennyj komitet SSSR po standartam, 1991.
2. Yastrebenckij M.A. Opredelenie nadezhnosti apparatury promyshlennoj avtomatiki v usloviyah ehkspluatacii. – M.: Ripol Klassik, 2014. – 134 s.
3. O'Connor P., Kleyner A. Practical reliability engineering, 5th ed., Chichester: John Wiley & Sons, 2012.
4. Bajhelt, F. Nadezhnost i tekhnicheskoe obsluzhivanie. Matematicheskij podhod: per s nem. / F. Bajhelt, P. Franken. – M.: Radio i svyaz, 1988. – 392 s.
5. GOST R 5479–2002. Proverka otkloneniya raspredeleniya veroyatnostej ot normalnogo raspredeleniya – M.: Izdatelstvo standartov, 2002. – 30 s.
6. GOST 27.402–95. Nadezhnost v tekhnike. Plany ispytanij dlya kontrolya srednej narabotki do otkaza (na otkaz). CHast I. EHksponencialnoe raspredelenie – M.: IPK Izdatelstvo standartov, 2002 – 40 s.
7. GOST R 50779.27–2007. Statisticheskie metody. Kriterij soglasiya i doveritelnye intervaly dlya raspredeleniya Vejbullla – M.: Standartinform, 2008 – 11 s.
8. Gnedenko B.V., Belyaev YU.K., Solovev A.D. Matematicheskie metody v teorii nadezhnosti. – M.: Nauka, 1965.
9. GOST R 27.004–2009. Nadezhnost v tekhnike. Modeli otkazov. – M.: Standartinform, 2010. – 17 s.
10. Kosarev E.L. Metody obrabotki ehksperimentalnyh dannyh. – 2-e izd., pererab. – M.: FIZMATLIT, 2008. – 208 s.
11. Han G., SHapiro S. Statisticheskie modeli v inzhenernyh zadachah. – M.: Mir, 1969.
12. Durivage M. A. Practical engineering, process, and reliability statistics. Milwaukee: ASQ Quality Press, 2015.
13. Kryanev A. V., Lukin G. V. Matematicheskie metody obrabotki neopredelennyh dannyh. – 2-e izd., ispr. – M.: FIZMATLIT, 2006. – 216 s.
14. Syzrancev V.N., Nevelev YA.P., Golofast S.L. Adaptivnye metody vosstanovleniya funkcii plotnosti raspredeleniya veroyatnosti: Izvestiya VUZov. Mashinostroyeniye. – 2006 g. – № 12 – s. 3–11.
15. R 50.1.033–2001. Rekomendacii po standartizacii. Prikladnaya statistika. Pravila proverki soglasiya opytnogo raspredeleniya s teoreticheskim. CHast I. Kriterii tipa hi–kvadrat. – M.: Izd–vo standartov, 2002. – 87 s.
16. R 50.1.037–2002. Rekomendacii po standartizacii. Prikladnaya statistika. Pravila proverki soglasiya opytnogo raspredeleniya s teoreticheskim. CHast II. Neparametricheskie kriterii. – M.: Izd–vo standartov, 2002. – 64 s.
17. Borovkov A. A. Matematicheskaya statistika. – Novosibirsk: Nauka; Izdatelstvo Instituta matematiki, 1997. – 772 s.
18. ZHivopiscev F.A., Ivanov V.A. Statisticheskij analiz v ehksperimentalnoj yadernoj fizike. – M.: EHnergoatomizdat, 1993. – 208 s.
19. Orlov YU.N. Optimalnoe razbienie gistogrammy dlya ocenivaniya vyborochnoj plotnosti funkcii raspredeleniya nestacionarnogo vremennogo ryada // Preprinty IPM im. M.V. Keldysya, 2013. № 14. 26 s. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-14>
20. Dekking F.M., Kraaikamp C., Lopuhaa H.P., Meester L.E. A modern introduction to probability and statistics. London: Springer, 2005.
21. YAshin A.V., Lotonov M.A. Vybor metoda resheniya zadachi identifikacii zakonov raspredeleniya sluchajnyh pogreshnostej sredstv izmerenij // Izmeritel'naya tekhnika. 2003. – № 3. – S. 3–5.
22. Tihonov A.N., Arsenin V.YA. Metody resheniya nekorrektnyh zadach. – 2-e izd. – M.: Nauka, 1979. – 285 s.
23. Ajdu F. A., Vapnik V. N., Ocenivanie plotnosti veroyatnostej na osnove metoda stohasticheskoy regularizacii. – Avtomat. i telemekh., 1989, № 4, s. 84–97.
24. Lapko A.V., CHencov S.V., Krohov S.I., Feldman L.A. Obuchayushchiesya sistemy obrabotki informacii i prinyatiya reshenij. – Novosibirsk: Nauka, 1996. – 296 s.
25. Parzen E. An estimation of a probability density function and mode // Ann.Math.Stat. – 1962. – T. 33. – P. 1065–1076.
26. Vapnik V.N. Vosstanovlenie zavisimostej po ehmpiricheskim dannym. – M.: Nauka, 1979. – 448 s.
27. Kryanev A.V., Lukin G.V. Matematicheskie metody obrabotki neopredelennyh dannyh. – M.: FIZMATLIT, 2006. – 216 s.
28. Lapko A.V., CHencov S.V., Krohov S.I., Feldman L.A. Obuchayushchiesya sistemy obrabotki informacii i prinyatiya reshenij. – Novosibirsk: Nauka, 1996. – 296 s.
29. Wolverton C.T., Wagner T.J. Asymptotically optimal discriminant functions for pattern classification // IEEE Trans. – 1969. – V. IT 15. – № 2. – pp. 258–266.
30. Specht D. F. Probabilistic neural networks / D. F. Specht // Neural Networks, V. 3, 1990. – pp.109 – 118.

Zamorenov Mikhail Vadimovich
candidate of technical sciences,
docent,
Russia, Sevastopol, Sevastopol State
University,
e-mail: Zamoryonoff@gmail.com

Kartashov Leonid Evgenevich
candidate of technical sciences,
docent,
Russia, Sevastopol, Sevastopol State
University
e-mail: ninakar@rambler.ru

Kopp Vadim Yakovlevich
doctor of technical sciences,
professor,
Russia, Sevastopol, Sevastopol State
University
e-mail: v_kopp@mail.ru

УДК 620.179.1

А.И. ГНЕВКО, С.Н. СОЛОВОВ, М.В. МУКОМЕЛА, А.В. ЧЕЛНОКОВ

СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы исследования, разработки и применения различных способов неразрушающего контроля технического состояния конструкций на основе метода акустической эмиссии. Представлены способы применения акустической эмиссии, в разные годы разработанные, запатентованные и внедренные сотрудниками Военной академии РВСН имени Петра Великого в практику технического диагностирования различных объектов общепромышленного и военного назначения, а также памятников культурного наследия Российской Федерации. Выделены основные преимущества и ограничения метода акустической эмиссии при его применении с целью обеспечения надежности и долговечности конструкций. Затронуты вопросы прогнозирования ресурса конструкций и определения сроков периодической проверки их работоспособности на основе исследований с позиции линейной механики разрушения. Определены перспективы развития метода акустической эмиссии.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, акустическая эмиссия, трещиностойкость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грешников, В.А. Акустическая эмиссия / В.А. Грешников, Ю.Б. Дробот. – М.: Издательство стандартов, 1976. – 270 с.
2. Иванов, В.И. Акустическая эмиссия: учебное пособие / В.И. Иванов, Г.А. Бигус, И.Э. Власов. – М.: Издательский дом «Спектр», 2015. – 192 с.
3. ПБ 03–593–03. Правила организации и проведения акустико–эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов. – М.: ПИО ОБТ, 2003. – 27 с.
4. Пат. 2210766 Российская Федерация, МПК G01N 29/14. Способ проведения акустико–эмиссионного контроля с применением одноканальной аппаратуры / Гневко А.И., Лазарев Д.В., Казаков Н.А., Гразион С.В.; заявитель и правообладатель ВА РВСН. – №2000131736/09; заявл. 21.12.01; опубл. 20.08.03, бюл №23. – 3 с.
5. Пат. 2625634 Российская Федерация, МПК G01N 29/14. Способ проведения грузовых испытаний транспортно–установочного оборудования ракетно–космических и ракетных комплексов / Челноков А.В., Соловов С.Н., Мукомела М.В.; заявитель и патентообладатель ВА РВСН. – №2016138731; заявл. 30.09.2016; опубл. 17.07.2017, бюл. №20. – 10 с.
6. Пат. 2560255 Российская Федерация, МПК G01N 29/14, G01L 5/24. Способ выполнения монтажных соединений на высокопрочных болтах с контролируемым натяжением / Гневко А.И., Гразион С.В., Гудков В.Б., Мукомела М.В., Соловов С.Н., Сорокин А.А., Панкин Д.А.; заявитель и патентообладатель ВА РВСН. – № 2014111769/12; заявл. 28.03.2014; опубл. 20.08.2015. Бюл. № 23. – 3 с.
7. Пат. 2619140 Российская Федерация, МПК G01N 29/14. Способ определения зон накопления структурных повреждений металлоконструкций при эксплуатации / Мукомела М.В., Соловов С.Н., Гразион С.В., Челноков А.В.; заявитель и патентообладатель ВА РВСН. – № 2015155026; заявл. 22.12.2015; опубл. 12.05.2017. Бюл. № 14. – 7 с.
8. Пат. 2185619 Российская Федерация, МПК G01N 29/00. Акустоэмиссионный способ контроля стабильности перекиси водорода / Гневко А.И., Озеров К.Г., Казаков Н.А., Гуськов В.А., Лазарев Д.В., Кузнецов В.И.; заявитель и патентообладатель ВА РВСН, в/ч 35601. – №99121899/28; заявл. 18.10.1999; опубл. 20.07.2002. – 4 с.
9. СДОС–08–2012. Методические рекомендации о порядке проведения акустико–эмиссионного контроля металлических конструкций грузоподъемных кранов стрелового типа. – М.: НТЦ ПБ, 2012. – 28 с.
10. ГОСТ 25.506–85. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 37 с.

11. ГОСТ 9.903–81. Единая система защиты от коррозии и старения. Стали и сплавы высокопрочные. Методы ускоренных испытаний на коррозионное растрескивание. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 21 с.

12. Пат. 2155952 Российская Федерация, МПК G01N 3/18. Способ определения поверхностных остаточных напряжений / Казаков Н.А., Гневко А.И., Султановский В.И., Зубов О.Е., Лазарев Д.В.; заявитель и патентообладатель ВА РВСН. – № 98115789/28; заявл. 13.08.1998; опубл. 10.09.2000. Бюл. № 25. – 5 с.

13. Пат. 2354957 Российская Федерация, МПК G01N 17/00. Способ оценки склонности к коррозионному растрескиванию сплавов / Гневко А.И., Лазарев Д.В., Соловов С.Н.; заявитель и патентообладатель ВА РВСН. – № 2007140554/28; заявл. 02.11.2007; опубл. 10.05.2009. Бюл. № 13. – 5 с.

Гневко Александр Иванович

ФГКВОУ ВО «Военная академия РВСН имени Петра Великого», Московская обл., г. Балашиха.
Доктор технических наук, профессор. Старший научный сотрудник 12 НИО НИЦ.
143900, Московская обл., г. Балашиха, ул. Карбышева, 8.
Тел. 8 (916) 535–64–06
E-mail: a_gnevko@mail.ru

Соловов Сергей Николаевич

ФГКВОУ ВО «Военная академия РВСН имени Петра Великого», Московская обл., г. Балашиха.
Кандидат технических наук, доцент. Старший научный сотрудник 12 НИО НИЦ.
143900, Московская обл., г. Балашиха, ул. Карбышева, 8.
Тел. 8 (915) 211–65–45
E-mail: ssolovov@mail.ru

Мукомела Михаил Васильевич

ФГКВОУ ВО «Военная академия РВСН имени Петра Великого», Московская обл., г. Балашиха.
Научный сотрудник 12 НИО НИЦ.
143900, Московская обл., г. Балашиха, ул. Карбышева, 8.
Тел. 8 (926) 636–75–39
E-mail: myka123@yandex.ru

Челноков Алексей Викторович

ФГКВОУ ВО «Военная академия РВСН имени Петра Великого», Московская обл., г. Балашиха.
Кандидат технических наук. Старший научный сотрудник 12 НИО НИЦ.
143900, Московская обл., г. Балашиха, ул. Карбышева, 8.
Тел. 8 (926) 414–25–12
E-mail: chelnokov-av@yandex.ru

A.I. GNEVKO, S.N. SOLOVOV, M.V. MUKOMELA, A.V. CHELNOKOV

METHODS OF ACOUSTIC EMISSION APPLICATION TO ENSURE THE RELIABILITY AND DURABILITY OF METAL STRUCTURES

Abstract. *The article deals with the research, development and application of various methods of structures technical condition nondestructive testing based on the acoustic emission method. There are presented the methods of acoustic emission application which were developed, patented and implemented by researchers of the Military Academy of Strategic Rocket Troops after Peter the Great in the practice of technical diagnostics of various general industrial and military facilities, as well as monuments of the Russian Federation cultural heritage,. The main advantages and limitations of the acoustic emission method in its application with the aim of ensuring the reliability and durability of structures are highlighted. The issues of predicting the structures life and determining the timing of performance periodic testing based on research from the perspective of linear fracture mechanics are touched upon. The prospects for the development of the acoustic emission method are determined.*

Keywords: *nondestructive testing, acoustic emission, fracture toughness.*

BIBLIOGRAPHY

1. Greshnikov, V.A. Akusticheskaya emissiya / V.A. Greshnikov, YU.B. Drobot. – М.: Izdatelstvo standartov, 1976. – 270 s.
2. Ivanov, V.I. Akusticheskaya emissiya: uchebnoye posobiye / V.I. Ivanov, G.A. Bigus, I.E. Vlasov. – М.: Izdatelskiy dom «Spektr», 2015. – 192 s.
3. PB 03–593–03. Pravila organizatsii i provedeniya akustiko–emissionnogo kontrolya sosudov, apparatov, kotlov i tekhnologicheskikh truboprovodov. – М.: PIO OBT, 2003. – 27 s.
4. Pat. 2210766 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G01N 29/14. Sposob provedeniya akustiko–emissionnogo kontrolya s primeneniym odnokanalnoy apparatury / Gnevko A.I., Lazarev D.V., Kazakov N.A., Grazion S.V.; zayavitel i pravoobladatel VA RVSН. – №2000131736/09; zayavl. 21.12.01; opubl. 20.08.03, byul №23. – 3 s.
5. Pat. 2625634 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G01N 29/14. Sposob provedeniya gruzovykh ispytaniy transportno–ustanovochного oborudovaniya raketno–kosmicheskikh i raketnykh kompleksov / Chelnokov A.V., Solovov S.N., Mukomela M.V.; zayavitel i patentoobladatel VA RVSН. – №2016138731; zayavl. 30.09.2016; opubl. 17.07.2017, byul.№20. – 10 s.

6. Pat. 2560255 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G01N 29/14, G01L 5/24. Sposob vypolneniya montazhnykh soyedineniy na vysokoprochnykh boltakh s kontroliruyemym natyazheniyem / Gnevko A.I., Grazion S.V., Gudkov V.B., Mukomela M.V., Solovov S.N., Sorokin A.A., Pankin D.A.; заявитель и патентообладатель ВА RVSН. – № 2014111769/12; заявл. 28.03.2014; опubl. 20.08.2015. Byul. № 23. – 3 s.

7. Pat. 2619140 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G01N 29/14. Sposob opredeleniya zon nakopleniya strukturnykh povrezhdeniy metallokonstruktsiy pri ekspluatatsii / Mukomela M.V., Solovov S.N., Grazion S.V., Chelnokov A.V.; заявитель и патентообладатель ВА RVSН. – № 2015155026; заявл. 22.12.2015; опubl. 12.05.2017. Byul. № 14. – 7 s.

8. Pat. 2185619 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G01N 29/00. Akustoemisionnyy sposob kontrolya stabilnosti perekisi vodoroda / Gnevko A.I., Ozerov K.G., Kazakov N.A., Guskov V.A., Lazarev D.V., Kuznetsov V.I.; заявитель и патентообладатель ВА RVSН, v/ch 35601. – №99121899/28; заявл. 18.10.1999; опubl. 20.07.2002. – 4 s.

9. SDOS–08–2012. Metodicheskiye rekomendatsii o poryadke provedeniya akustiko–emissionnogo kontrolya metallicheskiykh konstruktsiy gruzopod"yemnykh kranov strelovogo tipa. – M.: NTTS PB, 2012. – 28 s.

10. GOST 25.506–85. Raschety i ispytaniya na prochnost. Metody mekhanicheskikh ispytaniy metallov. Opredeleniye kharakteristik treshchinostoykosti (vyazkosti razrusheniya) pri staticheskom nagruzhении. – M.: Izdatelstvo standartov, 1987. – 37 s.

11. GOST 9.903–81. Yedinaya sistema zashchity ot korrozii i stareniya. Stali i splavy vysokoprochnyye. Metody uskorennykh ispytaniy na korrozionnoye rastreskivaniye. – M.: Izdatelstvo standartov, 1981. – 21 s.

12. Pat. 2155952 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G01N 3/18. Sposob opredeleniya poverkhnostnykh ostatochnykh napryazheniy / Kazakov N.A., Gnevko A.I., Sultanovskiy V.I., Zubov O.Ye., Lazarev D.V.; заявитель и патентообладатель ВА RVSН. – № 98115789/28; заявл. 13.08.1998; опubl. 10.09.2000. Byul. № 25. – 5 s.

13. Pat. 2354957 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G01N 17/00. Sposob otsenki sklonnosti k korrozionnomu rastreskivaniyu splavov / Gnevko A.I., Lazarev D.V., Solovov S.N.; заявитель и патентообладатель ВА RVSН. – № 2007140554/28; заявл. 02.11.2007; опubl. 10.05.2009. Byul. № 13. – 5 s.

Gnevko Aleksandr Ivanovich

The Military Academy of Strategic Rocket Troops after Peter the Great.

Doctor in Engineering sciences, professor. Senior researcher

143900, Moscow region, Balashiha, Karbysheva Str., 8. Ph. 8 (916) 535–64–06

E-mail: a_gnevko@mail.ru

Solovov Sergey Nikolaevich

The Military Academy of Strategic Rocket Troops after Peter the Great.

PhD in Engineering sciences, associate professor. Senior researcher

143900, Moscow region, Balashiha, Karbysheva Str., 8. Ph. 8 (915) 211–65–45

E-mail: ssolovov@mail.ru

Mukomela Mikhail Vasilyevich

The Military Academy of Strategic Rocket Troops after Peter the Great.

Researcher.

143900, Moscow region, Balashiha, Karbysheva Str., 8. Ph. 8 (926) 636–75–39

E-mail: myka123@yandex.ru

Chelnokov Aleksey Viktorovich

The Military Academy of Strategic Rocket Troops after Peter the Great.

PhD in Engineering sciences. Senior researcher.

143900, Moscow region, Balashiha, Karbysheva Str., 8. Ph. 8 (926) 414–25–12

E-mail: chelnokov-av@yandex.ru

УДК 621.224:532.5

Е.А. ИВАНОВ, В.А. КАЛАЕВ, С.А. ШУМИЛИН

К ВЫБОРУ ЧИСЛА ЛОПАСТЕЙ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ОБРАТИМОЙ ГИДРОМАШИНЫ

Аннотация. Показано влияние числа лопастей рабочего колеса на энергетические и кавитационные показатели обратимой гидромашины в широком диапазоне быстроходности при работе в насосном режиме. По результатам выполненных гидродинамических расчетов определено оптимальное значение $Z = 7$.

Ключевые слова: быстроходность, густота решетки, число лопастей, гидравлические потери и величина динамического разрежения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грянко, Л.П. Обратимые гидромашины / Л.П. Грянко, Н.И. Зубарев, В.А. Умов, С.А. Шумилин. – Л. Машиностроение, Ленинградское отделение, 1981. – 261 с.

2. Зубарев, Н.И. Проектирование лопастной системы рабочего колеса обратимой гидромашины на напор 350 м. / Н.И. Зубарев С.А. Шумилин. – СПб, Издательство Политехнического университета 2018 г. с.92–100.

3. Зубарев, Н.И. Разработка и исследование обратимых гидромашин в ОАО НПО ЦКТИ / Н.И. Зубарев, В.А. Калаев, С.А. Шумилин. – СПб, Издательство Политехнического университета 2018. – с.86–92

4. Львовский, В.А. Проектирование лопастной системы рабочего колеса обратимой гидромашин для высоконапорной ГАЭС подземного типа / В.А. Львовский, В.Н. Рыбаков, С.А. Шумилин. – СПб, Издательство Политехнического университета 2014. – с.59–66.

5. Жарковский, А.А. Математические модели рабочих процессов лопастных гидромашин. Автоматизированное проектирование и оценка энергокавитационных показателей лопастных систем / А.А. Жарковский, М.П. Морозов, С.А. Шумилин. – СПб, Издательство СПбГПУ, 2002. – 47с.

Иванов Евгений Александрович
ОАО «НПО ЦКТИ»
191167, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Атаманская, 3/6.
Тел.: +7(965)087–60–96
E-mail: 20evgeniy08@mail.ru

Калаев Владимир Анатольевич
ОАО «НПО ЦКТИ»
191167, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Атаманская, 3/6.
Тел.: +7(981)702–87–94
E-mail: kalaevVA@ckti.ru

Шумилин Сергей Александрович
ОАО «НПО ЦКТИ»
191167, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Атаманская, 3/6.
Тел.: +7(911)242–21–29
E-mail: shumilinSA@ckti.ru

E.A. IVANOV, V.A. KALAEV, S.A. SHUMILIN

ABOUT CHOOSE OF THE BLADES NUMBER OF THE IMPELLER OF CENTRIFUGAL A PUMP–TURBINE

Abstract: *Influence of the blades number to the performance and cavitation characteristics of the pump–turbine in wide range of specific speed in pump mode is presented. Optimal value of the blades number is defined in hydraulic calculation, it is $Z=7$.*

Keywords: *specific–speed, blade solidity, number of blades, hydraulic losses.*

BIBLIOGRAPHY

1. Gryanko, L.P. Obratimyye gidromashiny / L.P. Gryanko, N.I. Zubarev, V.A. Umov, S.A. Shumilin. – L. Mashinostroyeniye, Leningradskoye otdeleniye, 1981. – 261 s.

2. Zubarev, N.I. Proyektirovaniye lopastnoy sistemy rabocheho koleasa obratimoy gidromashiny na napor 350 m. / N.I. Zubarev S.A. Shumilin. – SPb, Izdatelstvo Politekhnikheskogo universiteta 2018 g s.92–100.

3. Zubarev, N.I. Razrabotka i issledovaniye obratimyykh gidromashin v ОАО NPO TSKTI / N.I. Zubarev, V.A. Kalayev, S.A. Shumilin. – SPb, Izdatelstvo Politekhnikheskogo universiteta 2018. – s.86–92

4. Lvovskiy, V.A. Proyektirovaniye lopastnoy sistemy rabocheho koleasa obratimoy gidromashiny dlya vysokonapornoy GAES podzemnogo tipa / V.A. Lvovskiy, V.N. Rybakov, S.A. Shumilin. – SPb, Izdatelstvo Politekhnikheskogo universiteta 2014. – s.59–66.

5. Zharkovskiy, A.A. Matematicheskiye modeli rabochikh protsessov lopastnykh gidromashin. Avtomatizirovannoye proyektirovaniye i otsenka energokavitatsionnykh pokazateley lopastnykh sistem / A.A. Zharkovskiy, M.P. Morozov, S.A. Shumilin. – SPb, Izdatelstvo SPbGPU, 2002. – 47s.

Ivanov Evgeniy Alexandrovich
ОАО «НПО ЦКТИ»
191167, Russia, St. Petersburg,
Atamanskaya, 3/6.
Tel.: +7(965)087–60–96
E-mail: 20evgeniy08@mail.ru

Kalaev Vladimir Anatolievich
ОАО «НПО ЦКТИ»
191167, Russia, St. Petersburg,
Atamanskaya, 3/6.
Tel.: +7(981)702–87–94
E-mail: kalaevVA@ckti.ru

Shumilin Sergei Alexandrovich
ОАО «НПО ЦКТИ»
191167, Russia, St. Petersburg,
Atamanskaya, 3/6.
Tel.: +7(911)242–21–29
E-mail: shumilinSA@ckti.ru

УДК 621.774.36:539.381:51–74

A.B. ИВАНОВ, О.В. СОКОЛОВА, Е.В. ЛАГОШИНА, М.О. МИРОНОВА

КОНЕЧНО–ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ НА СТАНАХ ХПТ

Аннотация. *Работа посвящена трехмерному конечно–элементному (КЭ) моделированию процесса холодной периодической прокатки труб на станах ХПТ в программном комплексе ANSYS/LS–DYNA. Процесс прокатки исследован на КЭ–модели связанной задачи, при решении которой, наряду с механической, рассматривалась нестационарная тепловая задача, т.к. учитывался разогрев заготовки от тепловыделения, вызванного работой пластической деформации. В результате моделирования определены в функции времени (за весь цикл прокатки) поля напряжений и деформаций в прокатываемой заготовке, температурные поля, а также энергетические параметры процесса. Предложенная модель может применяться для исследования*

напряженно-деформированного состояния прокатанных труб с целью обоснованного выбора оптимальных технологических параметров для ведения процесса с минимальными ресурсо- и энергозатратами.

Ключевые слова: *холодная прокатка труб, метод конечных элементов, напряженно-деформированное состояние, работа пластической деформации.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фролов В.П., Данченко В.М., Фролов Я.В. Холодная пильгерная прокатка труб: Монография. – Днепропетровск: Пороги, 2005. – 260 с.
2. Соколова О.В., Восканьянц А.А., Комкова Т.Ю. Технология и оборудование производства труб на станах ХПТ: Учеб. пособие / Под ред. А.П. Молчанова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 40 с.
3. Шевакин Ю.Ф., Коликов А.П., Райков Ю.Н. Производство труб: Учеб. пособие. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005. – 268 с.
4. Технология трубного производства / В.Н. Данченко, А.П. Коликов, Б.А. Романцев и др. – М.: Интермет Инжиниринг, 2002. – 640 с.
5. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике: Пер. с англ. – М.: Мир, 1975. – 542 с.
6. Гибридный метод моделирования процессов прокатки сортовых профилей и труб / П.А. Мальцев, В.Г. Дукмасов, Ф.С. Дубинский, А.В. Выдрин // Вестник ЮУрГУ. – Челябинск, 2010. – №34. – с. 76–79.
7. Harada M., Honda A., Toyoshima S. Simulation of cold pilgering Process by a Generalized Plane Strain FEM // Journal of ASTM International. – 2005. – №2, 3. – pp. 233–247.
8. 3D simulations for cold pilgering process by explicit FEM / H. Nakanishi, S. Toyoshima, M. Harada, A. Honda. // X International Conference on Computational Plasticity COMPLAS X (2–4 September 2009, Barcelona, Spain). – CIMNE, Barcelona, 2009.
9. An. Ning, L. Hai Finite Element Analysis of Rolling Process for Pilger Mill. // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 881–883. – pp. 1420–1423.
10. Hallquist J.O. LS-DYNA Theoretical Manual. – Livermore: LSTC, 1998. – 497 p.
11. Восканьянц А.А., Иванов А.В. Исследование процесса холодной поперечно-винтовой прокатки на трехмерной конечно-элементной модели // Сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика А.И. Целикова (Москва, 14–15 апреля 2004 г.). / Под. ред. А.А. Восканьянца. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. – С. 332–340.
12. Иванов А.В. Трехмерное конечно-элементное моделирование процесса прокатки труб на станах ХПТ. // Производство проката. – 2015. – №2. – С.11–17; – №3. – С.22–25.
13. Теория прокатки. Справочник / А.И. Целиков, А.Д. Томленов, В.И. Зюзин и др. – М.: Металлургия, 1982. – 335 с.
14. Иванов А.В., Восканьянц А.А. Конечно-элементное моделирование процесса поперечно-винтовой прокатки сплошной заготовки на основе эйлера описания движения сплошной среды // Сборник трудов Пятой конференции пользователей программного обеспечения CAD-FEM GmbH (Москва, 21–22 апреля 2005 г.) / Под. ред. А.С.Шадского. – М.: Полигон-пресс, 2005. – С. 227–237.
15. Теория непрерывной продольной прокатки: Учеб пособие / Г.С. Никитин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 399 с.
16. Колмогоров В.Л., Мигачев Б.А., Бурдуковский В.Г. Феноменологическая модель накопления повреждений и разрушения при различных условиях нагружения. – Екатеринбург: Институт машиноведения УрО РАН, 1994. – 106 с.
17. Действие осевых сил при периодической прокатке труб на станах ХПТ / А.А. Филатов, Н.А. Целиков, О.В. Соколова, А.А. Глебов, Е.В. Лагошина // Производство проката. – 2017. – №9. – С.29–32.

Иванов Андрей Владимирович
ФГБОУВО "МГТУ им. Н.Э. Баумана"
Кандидат технических наук, доцент кафедры
"Оборудование и технологии прокатки"
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Тел. +7 (499) 263–60–32
E-mail: avivanov@bmmstu.ru

Лагошина Елена Владимировна
ФГБОУВО "МГТУ им. Н.Э. Баумана"
Кандидат технических наук, старший преподаватель
кафедры "Оборудование и технологии прокатки"
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Тел. +7 (926) 926–814–14
E-mail: elena19881988@mail.ru

Соколова Ольга Вадимовна
ФГБОУВО "МГТУ им. Н.Э. Баумана"
Кандидат технических наук, доцент кафедры
"Оборудование и технологии прокатки"
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Тел. +7 (926) 615–98–18
E-mail: olga55–55@bk.ru

Миронова Мария Олеговна
ФГБОУВО "МГТУ им. Н.Э. Баумана"
Старший преподаватель кафедры "Оборудование и
технологии прокатки"
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Тел. +7 (499) 263–60–32
E-mail: tselikov100@bk.ru

FINITE-ELEMENT ANALYSIS OF COLD PIPES ROLLING ON PILGER MILLS

Abstract. *The work is devoted to three-dimensional finite element (FE) modeling of the cold pipes rolling process on pilger mills (HPT on Russian) by the ANSYS / LS-DYNA software. The rolling process investigated by the FE-model of a coupled problem. In this case, along with the mechanical problem the transient thermal problem considered, since the pipe workpiece heating due to heat generation caused by the plastic work of deformation taken into account. Because of modeling, the stress-strain state of the rolled pipe, temperature fields, and energy parameters of the process are determined as a function of time (for the entire rolling cycle).*

The proposed model can be used to study the stress-strain state of rolled pipes in order to make a reasonable choice of the optimal technological parameters for conducting the process with minimal resource and energy costs.

Keywords: cold pipes rolling, finite element method, stress-strain state, plastic work of deformation

BIBLIOGRAPHY

1. Frolov V.P., Danchenko V.M., Frolov YA.V. Kholodnaya pilgernaya prokatka trub: Monografiya. – Dnepropetrovsk: Porogi, 2005. – 260 s.
2. Sokolova O.V., Voskanyants A.A., Komkova T.YU. Tekhnologiya i oborudovaniye proizvodstva trub na stanakh KHPT: Ucheb. posobiye / Pod red. A.P. Molchanova. – M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2007. – 40 s.
3. Shevakin YU.F., Kolikov A.P., Raykov YU.N. Proizvodstvo trub: Ucheb. posobiye. – M.: Internet Inzhiniring, 2005. – 268 s.
4. Tekhnologiya trubnogo proizvodstva / V.N. Danchenko, A.P. Kolikov, B.A. Romantsev i dr. – M.: Internet Inzhiniring, 2002. – 640 s.
5. Zenkevich O. Metod konechnykh elementov v tekhnike: Per. s angl. – M.: Mir, 1975. – 542 s.
6. Gibridnyy metod modelirovaniya protsessov prokatki sortovykh profiley i trub / P.A. Maltsev, V.G. Dukmasov, F.S. Dubinskiy, A.V. Vydrin // Vestnik YUUrGU. – Chelyabinsk, 2010. – №34. – s. 76–79.
7. Harada M., Honda A., Toyoshima S. Simulation of cold pilgering Process by a Generalized Plane Strain FEM // Journal of ASTM International. – 2005. – №2, 3. – pp. 233–247.
8. 3D simulations for cold pilgering process by explicit FEM / H. Nakanishi, S. Toyoshima, M. Harada, A. Honda. // X International Conference on Computational Plasticity COMPLAS X (2–4 September 2009, Barcelona, Spain). – CIMNE, Barcelona, 2009.
9. An. Ning, L. Hai Finite Element Analysis of Rolling Process for Pilger Mill. // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 881–883. – pp. 1420–1423.
10. Hallquist J.O. LS-DYNA Theoretical Manual. – Livermore: LSTC, 1998. – 497 p.
11. Voskanyants A.A., Ivanov A.V. Issledovaniye protsessa kholodnoy poperechno-vintovoy prokatki na trekhmernoy konechno-elementnoy modeli // Sbornik trudov Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika A.I. Tselikova (Moskva, 14–15 aprelya 2004 g.). / Pod. red. A.A. Voskanyantsa. – M.: MGTU im. N.E. Baumana, 2004. – S. 332–340.
12. Ivanov A.V. Trekhmernoye konechno-elementnoye modelirovaniye protsessa prokatki trub na stanakh KHPT. // Proizvodstvo prokata. – 2015. – №2. – S.11–17; – №3. – S.22–25.
13. Teoriya prokatki. Spravochnik / A.I. Tselikov, A.D. Tomlenov, V.I. Zyuzin i dr. – M.: Metallurgiya, 1982. – 335 s.
14. Ivanov A.V., Voskanyants A.A. Konechno-elementnoye modelirovaniye protsessa poperechno-vintovoy prokatki sploshnoy zagotovki na osnove eylerova opisaniya dvizheniya sploshnoy sredy // Sbornik trudov Pyatoy konferentsii polzovateley programmnoy obespecheniya CAD-FEM GmbH (Moskva, 21–22 aprelya 2005 g.). / Pod. red. A.S. Shadskogo. – M.: Poligon-press, 2005. – S. 227–237.
15. Teoriya nepreryvnoy prodolnoy prokatki: Ucheb. posobiye / G.S. Nikitin. – M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2009. – 399 s.
16. Kolmogorov V.L., Migachev B.A., Burdukovskiy V.G. Fenomenologicheskaya model nakopleniya povrezhdeniy i razrusheniya pri razlichnykh usloviyakh nagruzheniya. – Yekaterinburg: Institut mashinovedeniya UrO RAN, 1994. – 106 s.
17. Deystviye osevykh sil pri periodicheskoy prokatke trub na stanakh KHPT / A.A. Filatov, N.A. Tselikov, O.V. Sokolova, A.A. Glebov, Ye.V. Lagoshina // Proizvodstvo prokata. – 2017. – №9. – S.29–32.

Ivanov Andrey Vladimirovich

"Bauman MSTU", Moscow
Ph.D., associate professor of the department "Equipment and rolling technologies"
105005, Moscow, 2–nd Baumanskaya ul. 5, bld. 1
Ph. +7 (499) 263–60–32
E-mail: avivanov@bmstu.ru

Lagoshina Elena Vladimirovna

"Bauman MSTU", Moscow
Ph.D., Senior Lecturer of the department "Equipment and rolling technologies"
105005, Moscow, 2–nd Baumanskaya ul. 5, bld. 1
Ph. +7 (926) 926–814–81–14
E-mail: elena19881988@mail.ru

Sokolova Olga Vadimovna

"Bauman MSTU", Moscow
Ph.D., associate professor of the department "Equipment and rolling technologies"
105005, Moscow, 2–nd Baumanskaya ul. 5, bld. 1
Ph. +7 (926) 615–98–18
E-mail: olga55–55@bk.ru

Mironova Mariya Olegovna

"Bauman MSTU", Moscow
Senior Lecturer of the department "Equipment and rolling technologies"
105005, Moscow, 2–nd Baumanskaya ul. 5, bld. 1
Ph. +7 (499) 263–60–32
E-mail: tselikov100@bk.ru

УДК 678.7–1

А.С. КОНОНЕНКО, А.А. СОЛОВЬЕВА

СОРБЦИОННО–ДИФФУЗИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С РАБОЧИМИ ЖИДКОСТЯМИ АНАЭРОБНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СОСТАВОВ И НАНОКОМПОЗИЦИЙ НА ИХ ОСНОВЕ

Аннотация. В статье рассмотрена проблема восстановления неподвижных соединений типа «вал–подшипник качения» полимерными составами. Представлены результаты исследований стойкости анаэробных полимерных композиций, и наномодифицированных составов на их основе к воздействию рабочих жидкостей.

Ключевые слова: наноматериалы, полимерные составы, анаэробные композиции, посадочные места под подшипники, восстановление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надежность технических систем / Е.А. Пучин, Е.А. Лисунов, А.В. Чепурин и др. – М.: Издательство КолосС, 2010. 318 с.
2. Технология ремонта машин: учебник / Е.А. Пучин, О.Н. Дидманидзе, В.С. Новиков и др. – М.: Изд-во УМЦ «Триада». 2006. Ч. 2. 348 с.
3. Кононенко, А.С. Восстановление посадочных мест под подшипники качения в корпусных деталях машин полимерными нанокompозитами / А.С. Кононенко, И.А. Кузнецов // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 124 (2). С. 81–85.
4. Ли, Р.И. Полимерные композиционные материалы для фиксации подшипников качения в узлах машин: монография / Р.И. Ли. – Мичуринск: Изд-во Липецкого государственного технического университета. 2017. 224 с.
5. Кононенко, А.С. Повышение прочностных характеристик анаэробных полимерных составов, используемых при восстановлении посадок подшипников качения / А.С. Кононенко, А.А. Соловьева // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2019. № 2. С. 35–38.
6. Кононенко, А.С. Повышение стойкости полимерных композитов холодного отверждения к воздействию рабочих жидкостей использованием наноматериалов / А.С. Кононенко А.С., К.Г. Дмитраков // Международный технико-экономический журнал. 2015. № 1. С. 89–94.

Кононенко Александр Сергеевич
Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
Доктор технических наук, профессор кафедры
«Технология обработки материалов»
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр.1
Тел.: +7 (926)147–17–50
E-mail: as-kononenko@yandex.ru

Соловьева Анастасия Андреевна
Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
Аспирант 3-го года, ассистент кафедры «Технология
обработки материалов»
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр.1
Тел.: +7 (916) 101–60–17
E-mail: anastas.solov@gmail.com

A.S. KONONENKO, N.A. SOLOVYIEVA

SORPTION–DIFFUSION INTERACTION ANAEROBIC POLYMERS AND NANOCOMPOSITES BASED ON THEM WITH WORKING FLUIDS

Abstract. The article deals with the problem of restoration of fixed joints such as <shaft–rolling bearing> by polymer compositions. The results of experimental research of resistance anaerobic polymer compositions and nanomodified compositions based on them to the action of working fluids are presented.

Keywords: nanomaterials, polymer compounds, anaerobic compositions, seats for bearings, restoration.

BIBLIOGRAPHY

1. Nadezhnost tekhnicheskikh sistem / E.A. Puchin, E.A. Lisunov, A.V. Chepurin i dr. – M.: Izdatelstvo KolosS, 2010. 318 s.
2. Tekhnologiya remonta mashin: uchebnik / E.A. Puchin, O.N. Didmanidze, V.S. Novikov i dr. – M.: Izd-vo UMC «Triada». 2006. Ch. 2. 348 s.
3. Kononenko, A.S. Vosstanovlenie posadochnykh mest pod podshipniki kacheniya v korpusnykh detalyah mashin polimernymi nanokompозитami / A.S. Kononenko, I.A. Kuznecov // Trudy GOSNITI. 2016. T. 124 (2). S. 81–85.
4. Li, R. I. Polimernye kompozicionnye materialy dlya fiksacii podshipnikov kacheniya v uzлах mashin: monografiya / R.I. Li. – Michurinsk: Izd-vo Lipeckogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2017. 224 s.
5. Kononenko, A.S. Povyshenie prochnostnykh harakteristik anaerobnykh polimernykh sostavov, ispolzuemykh pri vosstanovlenii posadok podshipnikov kacheniya / A.S. Kononenko, A.A. Soloveva // Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya. 2019. № 2. S. 35–38.

6. Kononenko, A.S. Povyshenie stojkosti polimernyh kompozitov holodnogo otverzheniya k vozdejstviyu rabochih zhidkostej ispolzovaniem nanomaterialov / A.S. Kononenko A.S., K.G. Dmitrakov // Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal. 2015. № 1. S. 89–94.

Kononenko Alexander Sergeevith
Bauman Moscow State Technical University
Doctor of Tech. Science, Professor of Department
«Technology of material working»
105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya, 5
Tel.: +7 (926)147-17-50
E-mail: as-kononenko@yandex.ru

Solovyeva Anastasiya Andreevna
Bauman Moscow State Technical University
Postgraduate, assistant of Department «Technology of material working»
105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya, 5
Tel.: +7 (916) 101-60-17
E-mail: anastas.solov@gmail.com

УДК 621.983

В.Ю. ЛАВРИНЕНКО, А.О. ПОЛЯКОВ, Т.А. МИРВЕЛЯН

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ШТАМПА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОЛЬЦЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ СЖАТИЯ

Аннотация. На основании результатов проведенных ранее теоретических и экспериментальных исследований процесса штамповки кольцевых деталей методом сжатия разработана конструкция штампа простого действия, применение которого позволяет получать кольцевые детали в широком диапазоне размеров. Уточнены формулы для определения размеров исходных заготовок и приведен пример расчета процесса штамповки заготовки методом сжатия.

Ключевые слова: штамповка, заготовка, сжатие, кольцо, программный комплекс РАМ–STAMP.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устройство для изготовления плоских колец / Е.И.Семенов, В.Ю. Лавриненко, А.С.Айрапетян, М.В.Демин, Е.И. Ястребов: пат. 144991 Рос. Федерация. Оpubл. 10.09.2014. Бюл. № 25.
2. Vladislav Lavrinenko, Anastasiya Polyakova, Artyom Polyakov. Analysis of the applicability of die pressing method for ring-shaped parts fabrication. MATEC Web of Conferences. 224, 02074 (2018).
3. Лавриненко, В.Ю. Область рационального использования метода сжатия для получения кольцевых деталей / В.Ю. Лавриненко, А.О. Поляков // Заготовительные производства в машиностроении. 2018. Том 16. № 9. С. 397 – 400.
4. Ростовцев, Д.В. Расчет размеров заготовки для получения кольца способом растяжения / Д.В. Ростовцев, В.А. Демин, Е.И. Семенов // Заготовительные производства в машиностроении. 2012. №8. С.17–19.
5. Лавриненко, В.Ю. Программный комплекс РАМ–STAMP для конечно-элементного моделирования и анализа формоизменяющих процессов листовой штамповки. Заготовительные производства в машиностроении. 2009. № 6. С.15–19.

Лавриненко Владислав Юрьевич
Московский государственный
технический университет им. Н.Э.
Баумана
Доктор технических наук,
заведующий кафедрой
«Технология обработки
материалов»
105005, Москва, 2-я Бауманская
ул., 5, стр.1
Тел.: +7 (499) 267-02-36
E-mail: vlavrinenko@bmstu.ru

Поляков Артем Олегович
Московский государственный
технический университет им. Н.Э.
Баумана
Аспирант кафедры «Технология
обработки материалов»
105005, Москва, 2-я Бауманская
ул., 5, стр.1
Тел.: +7 (499) 267-02-36
E-mail: vlavrinenko@bmstu.ru

Мирвелян Тигран Артемович
Московский государственный
технический университет им. Н.Э.
Баумана
Студент кафедры «Технология
обработки материалов»
105005, Москва, 2-я Бауманская
ул., 5, стр.1
Тел.: +7 (499) 267-02-36
E-mail: vlavrinenko@bmstu.ru

V.Yu. LAVRINENKO, A.O. POLYAKOV, T.A. MIRVELYAN

DESIGN OF TOOLS FOR MANUFACTURE OF RING PARTS BY COMPRESSION

Abstract. Based on the results of previously theoretical and experimental research of the process of stamping ring parts using a compression method, a simple-action tool was developed, the use of which allows obtaining ring parts in a wide range of sizes. The formulas for determining the dimensions of the blanks are clarified. An example of the calculation of the process of stamping the blank by the compression method is presented.

Keywords: sheet metal stamping, compression, ring parts, PAM-STAMP software.

BIBLIOGRAPHY

1. Ustroystvo dlya izgotovleniya ploskikh kolets / Ye.I.Semenov, V.YU. Lavrinenko, A.S.Ayrapetyan, M.V.Demin, Ye.I. Yastrebov: pat. 144991 Ros. Federatsiya. Opubl. 10.09.2014. Byul. № 25.
2. Vladislav Lavrinenko, Anastasiya Polyakova, Artyom Polyakov. Analysis of the applicability of die pressing method for ring-shaped parts fabrication. MATEC Web of Conferences. 224, 02074 (2018).
3. Lavrinenko, V.YU. Oblast ratsionalnogo ispolzovaniya metoda szhatiya dlya polucheniya koltsevykh detaley / V.YU. Lavrinenko, A.O. Polyakov // Zagotovitelnyye proizvodstva v mashinostroyenii. 2018. Tom 16. № 9. S. 397 – 400.
4. Rostovtsev, D.V. Raschet razmerov zagotovki dlya polucheniya koltsa sposobom rastyazheniya / D.V. Rostovtsev, V.A. Demin, Ye.I. Semenov // Zagotovitelnyye proizvodstva v mashinostroyenii. 2012. №8. S.17–19.
5. Lavrinenko, V.YU. Programmnyy kompleks PAM-STAMP dlya konechno-elementnogo modelirovaniya i analiza formoizmenyayushchikh protsessov listovoy shtampovki. Zagotovitelnyye proizvodstva v mashinostroyenii. 2009. № 6. S.15–19.

Lavrinenko Vladislav Yuryevich
Moscow State Technical University.
N.E. Bauman
Doctor of Technical Sciences, head of
the department "Technology of
processing materials"
105005, Moscow, 2 – nd Bauman
Str., 5, p.
Tel.: +7 (499) 267–02–36
E – mail: vlavrinenko@bmstu.ru

Polyakov Artem Olegovich
Moscow State Technical University.
N.E. Bauman
Postgraduate student of the
department "Technology of
processing materials"
105005, Moscow, 2 – nd Bauman
Str., 5, p.
Tel.: +7 (499) 267–02–36
E – mail: vlavrinenko@bmstu.ru

Mirvelyan Tigran Artemovich
Moscow State Technical University.
N.E. Bauman
Student of the department
"Technology of processing materials"
105005, Moscow, 2 – nd Bauman
Str., 5, p.
Tel.: +7 (499) 267–02–36
E – mail: vlavrinenko@bmstu.ru

УДК 620.198.4

Ж.А. МРОЧЕК, Е.В. СТАНЧИК

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ И ТОЛЩИНЫ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ

Аннотация. Представлены результаты исследований физико-механических свойств покрытий, сформированных на поверхности стальных образцов.

Ключевые слова: плазма, титан, вакуум, адгезия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зимон, А.Д. Адгезия пленок и покрытий / Зимон А.Д., М., Химия, 1977.
2. Спитцер, Л. Физика полностью ионизированной плазмы / Спитцер Л.. Перев. с англ. М., Изд. лит. 1955.
3. Мрочек Ж.А. Физико-механические свойства покрытий, полученные с использованием низкотемпературной плазмы / Ж.А. Мрочек, С.Н. Дунин, Т.В. Лойко // Твёрдосплавные износостойкие защитные покрытия деталей машин, Нополоцк, 1979.
4. Мрочек, Ж.А. Влияние подготовки поверхности стальных образцов на свойства вакуумных покрытий / Ж.А. Мрочек, И.А. Капустин, В.А. Лойко // Взаимодействие плазмы с поверхностью, Минск, 1979.

Мрочек Жорж Адамович
Белорусский национальный технический университет
(БНТУ), г. Минск
Доцент технических наук, профессор БНТУ
Тел. 8(029) 604–53–16
22013, г. Минск, пр. Независимости, 65

Станчик Евгений Вячеславович
Белорусский национальный технический университет
(БНТУ), г. Минск
Инженер БНТУ
Тел. 8(044) 560–04–06
22013, г. Минск, пр. Независимости, 65

J.A. MROCHEK; E.V. STANCHIK

INFLUENCE OF THE STATE OF THE SURFACE AND THICKNESS OF PLASMA COATINGS ON THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF STEEL SAMPLES

Abstract. *The results of studies of the physicomechanical properties of coatings formed on the surface of steel samples are presented.*

Keywords: *plasma, titanium, vacuum, adhesion.*

BIBLIOGRAPHY

1. Zimon, A.D. Adgeziya plenok i pokrytiy / Zimon A.D. M., Khimiya, 1977.
2. Spittser, L. Fizika polnostyu ionizirovannoy plazmy / Spittser L.. Perev. s angl. M., Izd. lit. 1955.
3. Mrochek ZH.A. Fiziko-mekhanicheskiye svoystva pokrytiy, poluchennyye s ispolzovaniyem nizkoterperaturnoy plazmy / ZH.A. Mrochek, S.N. Dunin, T.V. Loyko // Tvordospлавnyye iznosostoykiye zashchitnyye pokrytiya detaley mashin, Nopolotsk, 1979.
4. Mrochek, ZH.A. Vliyaniye podgotovki poverkhnosti stalnykh obraztsov na svoystva vakuumnykh pokrytiy / ZH.A. Mrochek, I.A. Kapustin, V.A. Loyko // Vzaimodeystviye plazmy s poverkhnostyu, Minsk, 1979.

Mrochek Georges Adamovich

Belarusian National Technical University (BNTU), Minsk
Associate Professor of Technical Sciences,
Professor of BNTU
Tel. 8 (029) 604-53-16
65, Independence Ave., Minsk 22013
E-mail: bntu@bntu.by

Stanchik Evgeny Vyacheslavovich

Belarusian National Technical University (BNTU), Minsk
BNTU Engineer
Tel. 8 (044) 560-04-06
65, Independence Ave., Minsk 22013
E-mail: bntu@bntu.by

УДК 681.527.2

Ю.Р. НИКИТИН, С.А. ТРЕФИЛОВ, Е.В. НИКИТИН

ИДЕНТИФИЦИРУЕМОСТЬ МОДЕЛИ ПРИВОДА МЕХАТРОННОГО УСТРОЙСТВА НА БАЗЕ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПО ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАТРИЦЕ

Аннотация. В статье рассматривается влияние параметров матрицы измерения на идентифицируемость модели привода на базе двигателя постоянного тока для задач управления и диагностики. Для исследования влияния матрицы измерения на идентифицируемость модели разработана векторно-матричная модель привода в пространстве состояний с учетом вязкого трения. Модель разработана в российской системе модельно-ориентированного проектирования функционального программного обеспечения систем автоматического управления SimInTech.. Так как регулятор привода должен обеспечивать регулирование по скорости вращения, то в качестве обобщенных координат выбраны электрический ток и угловая скорость вращения якоря. Управлением являются напряжение на обмотке якоря. Матрица измерения определяется классом измерительных приборов. В качестве выходных параметров модели используются электрический ток и напряжение. Показано, что при некотором пороговом значении точности измерительных приборов модель привода становится неидентифицируемой, что приводит к потере управляемости и невозможности диагностирования.

Ключевые слова: привод, идентифицируемость, мехатронное устройство, модель, двигатель постоянного тока, управление, диагностика.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта для учёных ФГБОУ ВО "ИжГТУ имени М.Т. Калашиникова" 15.04.06/18 ТЮВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эйкхофф, П. Основы идентификации систем управления. – М.: Мир, 1975. – 686 с.
2. Современные методы идентификации систем / Под ред. П. Эйкхоффа. – М.: Мир, 1983. – 400 с.
3. Гроп, Д. Методы идентификации систем. – М.: Мир, 1979. – 302 с.
4. Льюнг, Л. Идентификация систем. Теория для пользователя. – М.: Наука, 1991. – 432 с.
5. Сейдж, Э.П., Мелса Дж.Л. Идентификация систем управления. – М.: Наука, 1974. – 248 с.
6. Сейдж, Э.П., Мелс Дж.Л. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении. – М.: Связь, 1976. – 496 с.
7. Цыпкин, Я.З. Основы информационной теории идентификации. – М.: Наука, 1984. – 320 с.
8. Райбман, Н.С. Что такое идентификация? – М.: Наука, 1970. – 118 с.
9. Штейнберг, Ш.Е. Идентификация в системах управления. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 80 с.
10. Beard, R.V. Failure accommodation in linear system through selforganization (PhD thesis). MIT, Massachusetts, USA. 1971. 376 p.
11. Jones, H.L. Failure detection in linear systems (PhD thesis). MIT, Massachusetts, USA. 1973. 459 p.
12. Frank, P.M. Fault diagnosis in dynamic systems using analytical and knowledge based redundancy: a survey and some new results. Automatica, Vol. 26, No. 3, pp. 459–474, 1990. – Pp. 459–474.
13. Isermann, R. Fault-Diagnosis Systems: An Introduction from Fault Detection to Fault Tolerance. Berlin; New York: Springer. 2006.
14. Basseville, M., Nikiforov, I.V. Detection of Abrupt Changes: Theory and Application. Prentice Hall information and system sciences series. Englewood Cliffs, N.J.:Prentice Hall.1993.
15. Trefilov, S., Nikitin, Y. Automatic warehouses with transport robots of increased reliability, ActaLogistica, Vol. 5, No. 3, pp. 19–23, 2018.
16. Никитин, Ю.Р., Трефилов, С.А., Абрамов, А.И., Абрамов, И.В., Турыгин, Ю.В., Романов, А.В. Диагностирование приводов мобильных роботов на базе модели двигателя постоянного тока // Интеллектуальные системы в производстве, 2018, Том 16, №4. – С.114–121. ISSN 1813–7911. DOI 10.22213/2410–9304–2018–4–114–121

Никитин Юрий Рафаилович
ФГБОУ ВО «Ижевский
государственный технический
университет имени
М.Т.Калашникова»,
канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры «Мехатронные
системы»,
426069, г. Ижевск, ул.
Студенческая, 7,
+79068164399,
nikitin@istu.ru

Трефилов Сергей Александрович
ФГБОУ ВО «Ижевский
государственный технический
университет имени
М.Т.Калашникова»,
канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры «Мехатронные
системы»,
426069, г. Ижевск, ул.
Студенческая, 7,
+79124418013,
trefilov376908@gmail.com

Никитин Евгений Васильевич
ФГБОУ ВО «Ижевский
государственный технический
университет имени
М.Т.Калашникова»,
магистрант,
426069, г. Ижевск, ул.
Студенческая, 7,
+79508256124,
nikitinevgeniy96@gmail.com

Yu.R. NIKITIN, S.A. TREFILOV, E.V. NIKITIN

IDENTIFICABILITY OF THE MECHATRONIC DEVICE DRIVE MODEL ON THE DC MOTOR BASIS USING MEASURING MATRIX

Abstract. *The article discusses the influence of measurement matrix parameters on the identifiability of a drive model based on a DC motor for control and diagnostics tasks. To study the influence of the measurement matrix on the identifiability of the model, a drive vector–matrix model has been developed in the state space taking viscous friction into account. The model was developed in the Russian system of model-oriented design of functional software for automatic control systems – SimInTech. Since the drive regulator must provide speed control, the current and the angular velocity of rotation of the armature are chosen as the generalized coordinates. The control is the voltage on the armature winding. The measurement matrix is determined by the class of measuring devices. The output parameters of the model are electric current and voltage. It is shown that at a certain threshold value of measuring instrument accuracy, the drive model becomes unidentifiable, which leads to loss of controllability and impossibility of diagnosing.*

Keywords: *drive, identifiability, mechatronic device, model, DC motor, control, diagnostics.*

BIBLIOGRAPHY

1. Jejkhoff, P. *Osnovy identifikacii sistem upravlenija*. (Fundamentals of identification control systems), Moscow, Mir, 1975, 686 p. (in Russian)
2. Jejkhoff, P. *Sovremennye metody identifikacii system*. (Modern methods of system identification), Moscow, Mir, 1983, 400 p. (in Russian)

3. Grop, D. *Metody identifikacii sistem*. (Identification methods of system), Moscow, Mir, 1979, 302 p. (in Russian)
4. Ljung, L. *Identifikacija sistem. Teorija dlja polzovatelja*. (System identification. Theory for the user), Moscow, Nauka, 1991, 432 p. (in Russian)
5. Sejdzh, Je.P., Melsa, Dzh.L. *Identifikacija sistem upravlenija*. (Identification of control systems), Moscow, Nauka, 1974, 248 p. (in Russian)
6. Sejdzh, Je.P., Melsa, Dzh.L. *Teorija ocenivaniya i ee primenenie v svyazi i upravlenii*. (Evaluation theory and its application in communication and management), Moscow, Svjaz, 1976, 496 p. (in Russian)
7. Cypkin, Ja.Z. *Osnovy informacionnoj teorii identifikacii*. (Fundamentals of identification information theory), Moscow, Nauka, 1984, 320 p. (in Russian)
8. Rajbman, N.S. *Chto takoe identifikacija?* (What is identification?), Moscow, Nauka, 1970, 118 p. (in Russian)
9. Shtejnberg, Sh.E. *Identifikacija v sistemah upravlenija*. (Identification in control systems), Moscow, Jenergoatomizdat, 1987, 80 p. (in Russian)
10. Beard, R.V. *Failure accommodation in linear system through selfreorganization* (PhD thesis). MIT, Massachusetts, USA, 1971, 376 p.
11. Jones, H.L. *Failure detection in linear systems* (PhD thesis). MIT, Massachusetts, USA, 1973, 459 p.
12. Frank, P.M. Fault diagnosis in dynamic systems using analytical and knowledge-based redundancy: a survey and some new results. *Automatica*, vol. 26, issue 3, 1990, pp. 459–474.
13. Isermann, R. *Fault-Diagnosis Systems: An Introduction from Fault Detection to Fault Tolerance*. Berlin; New York, Springer, 2006, 475 p.
14. Basseville, M., Nikiforov, I.V. *Detection of Abrupt Changes: Theory and Application*. Prentice Hall information and system sciences series. Englewood Cliffs, N.J.:Prentice Hall, 1993, 447 p.
15. Trefilov, S., Nikitin, Y. Automatic warehouses with transport robots of increased reliability, *ActaLogistica*, Vol. 5, No. 3, pp. 19–23, 2018.
16. Nikitin YU.R., Trefilov S.A., Abramov A.I., Abramov I.V., Turygin YU.V., Romanov A.V. *Diagnostirovanie privodov mobilnyh robotov na baze modeli dvigatelya postoyannogo toka*. (Diagnosing drives of mobile robots based on a DC motor model). *Intellektualnye sistemy v proizvodstve*. 2018, Vol. 16, No 4, pp.114–121. ISSN 1813–7911. DOI 10.22213/2410–9304–2018–4–114–121 (in Russian)

Nikitin Yuri Rafailovich

Kalashnikov Izhevsk State Technical University,
CSc, Assoc. prof.,
Associate Professor of the
Department "Mechatronic Systems",
426069, Studencheskaya str, 7,
Izhevsk, Russia,
+79068164399,
nikitin@istu.ru

Trefilov Sergey Alexandrovich

Kalashnikov Izhevsk State Technical University,
CSc, Assoc. prof.,
Associate Professor of the
Department "Mechatronic Systems",
426069, Studencheskaya str, 7,
Izhevsk, Russia,
+79124418013,
trefilov376908@gmail.com

Nikitin Evgeny Vasilyevich

Kalashnikov Izhevsk State Technical University,
master student,
426069, Studencheskaya str, 7,
Izhevsk, Russia,
+79508256124,
nikitinevgeniy96@gmail.com

УДК 617.582

В.И. ПАХАЛЮК, А.М. ПОЛЯКОВ

ОТЕЧЕСТВЕННОЕ МОДЕЛИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ТОТАЛЬНЫХ ЭНДОПРОТЕЗОВ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА НА ИЗНОС

Аннотация. Выполнены исследования по разработке отечественного моделирующего устройства для испытаний тотальных эндопротезов тазобедренного сустава на износ, удовлетворяющего требованиям ГОСТ Р ИСО 14242–1–2012 по формам диаграмм угловых перемещений и диаграммы цикла нагрузки, обладающего минимальной сложностью, достаточной надежностью, «чистотой» среды испытания и гибкостью в переналадке в зависимости от требований к испытаниям.

Ключевые слова: эндопротез тазобедренного сустава, износ, испытание на моделирующем устройстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов посетил первое в РФ крупное производство имплантатов из титана [Электронный ресурс]. – Электрон. данные (14500000 bytes). – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=ZXmpDgLBjOI> Friday, 10 May 2019 11:10.

2. Патент 2662599 РФ, МПК ⁷ G01N 3/56. Моделирующее устройство для испытания эндопротезов тазобедренного сустава на износ / В.И. Пахалюк, М.И. Калинин, Е.В. Пашков, А.М. Поляков, Десятов И.Б., Коваленко А.В. – № 2016100922; Заявл. 12.01.16; Оpubл. 26.07.18. Бюл. №21.

3. Pakhaliuk V. Choice of a rational hip joint wear simulator design / V. Pakhaliuk, Y. Pashkov, I. Desyatov, V. Manchuk // Intelligent Manufacturing and Automation: Theory, Practice and Education: The 20th International DAAAM SYMPOSIUM. – 2009, Vienna, 25–28th November 2009. – Vienna, 2009. – P.1559 – 1560.

4. Saikko V. Slide track analysis of eight contemporary hip simulator designs / V. Saikko, O. Caloniuss // J Biomechanics. – 2002. – Vol. 35. – P.1439–1450.

5. Saikko V. A 12–station anatomic hip joint simulator / V. Saikko // Proc Instn Mech Engrs. – 2005. – Vol. 219. – Part H. – P.437–448.

6. Kaddick C. Hip simulator wear testing according to the newly introduced standard ISO 14242 / C. Kaddick, M.A. Wimmer // Proc. Instn. Mech. Engrs. – 2005. – Vol. 215. – Part H. – P. 429–442.

7. Saikko V. Slide track analysis of the relative motion between femoral head and acetabular cup in walking and in hip simulators / V. Saikko, O. Caloniuss // J Biomechanics. – 2002. – Vol. 35. – P. 455–464.

8. Standard for hip joint coordinate system. Recommendations from the ISB standardization committee [Электронный ресурс]. – Электрон. данные (25000 bytes). – Режим доступа: <http://isbweb.org/standards/hip.pdf> Friday, 10 May 2019 10:55.

Пахалюк Владимир Иванович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,

канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой

«Техническая механика и машиноведение»,

ул. Университетская 33, г. Севастополь, 299053

Тел. 8 (0692) 435–161

E– mail: pahaluk@sevsu.ru

Поляков Александр Михайлович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,

канд. техн. наук, доцент кафедры

«Техническая механика и машиноведение»,

ул. Университетская 33, г. Севастополь, 299053

Тел. +7 978 703 88 26

E– mail: a.m.poljakov@sevsu.ru

V.I. PAKHALIUK, A.M. POLIAKOV

THE DOMESTIC SIMULATOR FOR WEAR TESTING OF TOTAL HIP REPLACEMENTS

Abstract. *Studies have been carried out on the development and manufacture of a domestic simulator for wear testing of total hip replacements meeting the requirements of GOST R ISO 14242–1–2012 standard on the forms of angular displacement waveforms and the load cycle diagram at minimal device complexity, at sufficient its reliability, the "cleanliness" of its test environment and flexibility in readjustment depending on testing requirements.*

Keywords: *hip replacement, wear, simulator testing.*

BIBLIOGRAPHY

1. Borisov posetil pervoye v RF krupnoye proizvodstvo implantatov iz titana [Elektronnyy resurs]. – Elektron. dannyye (14500000 bytes). – Rezhim dostupa: <https://www.youtube.com/watch?v=ZXmpDgLBjOI> Friday, 10 May 2019 11:10.

2. Patent 2662599 RF, MPK ⁷ G01N 3/56. Modeliruyushcheye ustroystvo dlya ispytaniya endoprotezov tazobedrennogo sustava na iznos / V.I. Pakhaliuk, M.I. Kalinin, Ye.V. Pashkov, A.M. Poliakov, Desyatov I.B., Kovalenko A.V. – № 2016100922; Zayavl. 12.01.16; Opubl. 26.07.18. Byul. №21.

3. Pakhaliuk V. Choice of a rational hip joint wear simulator design / V. Pakhaliuk, Y. Pashkov, I. Desyatov, V. Manchuk // Intelligent Manufacturing and Automation: Theory, Practice and Education: The 20th International DAAAM SYMPOSIUM. – 2009, Vienna, 25–28th November 2009. – Vienna, 2009. – P.1559 – 1560.

4. Saikko V. Slide track analysis of eight contemporary hip simulator designs / V. Saikko, O. Caloniuss // J Biomechanics. – 2002. – Vol. 35. – P.1439–1450.

5. V. A 12–station anatomic hip joint simulator / V. Saikko // Proc Instn Mech Engrs. – 2005. – Vol. 219. – Part H. – P.437–448.

6. Kaddick C. Hip simulator wear testing according to the newly introduced standard ISO 14242 / C. Kaddick, M.A. Wimmer // Proc. Instn. Mech. Engrs. – 2005. – Vol. 215. – Part H. – P. 429–442.

7. Saikko V. Slide track analysis of the relative motion between femoral head and acetabular cup in walking and in hip simulators / V. Saikko, O. Caloniuss // J Biomechanics. – 2002. – Vol. 35. – P. 455–464.

8. Standard for hip joint coordinate system. Recommendations from the ISB standardization committee [Elektronnyy resurs]. – Elektron. dannyye (25000 bytes). – Rezhim dostupa: <http://isbweb.org/standards/hip.pdf> Friday, 10 May 2019 10:55.

Pakhaliuk Vladimir Ivanovich
FSAEI HE “Sevastopol State University”,
Ph.D., Associate Professor, Head of Engineering
Mechanics and Machinery Department,
Universitetskaya Str. 33, Sevastopol, 299053
Phone: 8 (0692) 435–161
E– mail: pahaluk@sevsu.ru

Poliakov Aleksandr Mikhailovich
FSAEI HE “Sevastopol State University”,
Ph.D., Associate Professor, Engineering
Mechanics and Machinery Department,
Universitetskaya Str. 33, Sevastopol, 299053
Phone: +7 978 703 88 26
E– mail: a.m.poljakov @ sevsu.ru

ТЕХНОЛОГИИ И ИНСТРУМЕНТЫ

УДК 629.13

В.А. КСЕНОФОНТОВА, А.Р. АБЛАЕВ, Р.Р. АБЛАЕВ

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА В МОМЕНТ СТОЛКНОВЕНИЯ ПО ОСТАТОЧНЫМ ДЕФОРМАЦИЯМ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы анализа существующих методик по определению скорости движения транспортных средств, которые участвовали в дорожно–транспортном происшествии. Обоснована актуальность исследовать повреждения транспортных средств с целью определения их скоростей движения в момент их первичного контакта. Предложена методика определения скорости движения перед столкновением по остаточным деформациям элементов их конструкций.

Ключевые слова: скорость движения, столкновение, остаточные повреждения, деформация конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Торлин В.Н., Ксенофонтowa В.А., Ветрогон А.А. Повышение достоверности результатов экспертизы ДТП по энергетическим критериям // Сборник научных трудов ХГАДТУ «Автомобильный транспорт». – Харьков: РИО ХНАДУ. – 2005. №16. – С.19–22.
2. Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 542 с.
3. Ксенофонтowa В.А., Бабкин А.В., Торлин В.Н. Исследование процесса деформации кузова легкового автомобиля при наезде на неподвижное препятствие // Сборник научных трудов ХГАДТУ «Автомобильный транспорт». – Харьков: РИО ХГАДТУ. – 2001. – №7–8. – С. 36–38.
4. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с.
5. Торлин В.Н., Ксенофонтowa В.А., Ветрогон А.А., Яковенко Е.В. Проблемы и перспективы энергетических методов реконструкции ДТП // Вестник Харьковского национального автомобильно–дорожного университета. Сб. науч.тр. – Харьков: Изд–во ХНАДУ, 2013. – Вып.61–62. – С.170–174.
6. Аблаев Р.Р. Импульсный метод анализа механизма дорожно–транспортного происшествия / Р.Р. Аблаев, А.Р. Аблаев // Материалы международной научно–технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Прогрессивные направления развития Машино–приборостроительных отраслей и транспорта». – Севастополь: СевНТУ, 2011. – С. 41 – 44.
7. Пучкин, В.А. Судебная автотехническая экспертиза. Анализ дорожно–транспортных происшествий [Текст]: научно–практическое пособие / В.А. Пучкин. – Ростов–н/Д: Профпресс, 2015. – 360 с.
8. Бадалян А.Ф. Судебно–медицинская оценка скорости движения автомобиля с учетом морфологических особенностей следов крови/ А.Ф. Бадалян, В.П. Новоселов // Вестник Судебной медицины. – Томск: ООО «СТТ», 2018. – №2. – С. 4–7.
9. Евтюков, С.А. Определение скорости транспортного средства по отбросу тела пешехода при наезде [Текст] / С.А. Евтюков, А.В. Чудаков // Информационные технологии и инновации на транспорте. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК». – 2015. – С. 281–287.

Ксенофонтowa Виктория Анатольевна
ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет»,
г. Севастополь
Кандидат технических наук, доцент
кафедры «Автомобильный транспорт»,
судебный эксперт–автотехник
299053, г. Севастополь,

Аблаев Алим Рустемович
ФГАОУ ВО
«Севастопольский
государственный
университет»,
г. Севастополь
Кандидат технических наук,
доцент кафедры

Аблаев Ремзи Рустемович
ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет»,
г. Севастополь
Старший преподаватель кафедры
«Экономика предприятий»,
судебный эксперт–автотехник
299053, г. Севастополь,

ул. Университетская, 33
Тел. 8978-767-28-87
E-mail: vikkstation@rambler.ru

«Энергоустановок морских
судов и сооружений»
299053, г. Севастополь,
ул. Университетская, 33
Тел. 8978-810-05-64
E-mail: ARABlaev@sevsu.ru

ул. Университетская, 33
Тел. 8978-801-91-41
E-mail: ablaev.expert@mail.ru

V.A. KSENOFONTOVA, A.R. ABLAEV, R.R. ABLAEV

THE METHOD OF DETERMINING THE VELOCITY OF THE VEHICLE AT THE TIME OF COLLISION ON THE RESIDUAL DEFORMATION OF STRUCTURAL ELEMENTS

Abstract. *The article deals with the analysis of existing methods for determining the speed of vehicles that participated in a traffic accident. The urgency to investigate the damage of vehicles in order to determine their speeds at the time of their primary contact. A method for determining the speed of motion before a collision by residual deformations of the elements of their structures is proposed.*

Keywords: *speed, collision, residual damage, deformation of structures.*

BIBLIOGRAPHY

1. Torlin, V.N., Ksenofontova, V.A., Vetrogon, A. A., Improving the reliability of the results of the examination of the accident on energy criteria // Collection of scientific works of CHHATU «road transport» №16 (2005): 19–22.
2. Washizu K. Variational methods in elasticity and plasticity: Per. from English. – M.: World, 1987.
3. Ksenofontova V. A., Babkin A.V., Torlin V. N. Study of the process of deformation of the body of a car when hitting a stationary obstacle // Road transport №7–8 (2001): 36–38.
4. Storozhev M. V., Popov E. A. Theory of metal forming. – Moscow: Mechanical Engineering, 1977.
5. Torlin V. N., Ksenofontova V. A., Vetrogon A. A., Yakovenko E. V. Problems and prospects of energy methods of road accident reconstruction // Bulletin of Kharkiv national automobile and road University (2013): 170–174.
6. Ablaev R. R. Pulse method of analysis of the mechanism of road accident / R. R. Ablaev, A. R. Ablaev // Materials of the international scientific and technical conference of students, postgraduates and young scientists «Progressive directions of development of Machine–instrument–making industries and transport» (2011): 41 – 44.
7. Puchkin, VA Judicial auto technical expertise. Analysis of road accidents [Text]: scientific and practical guide / V. A. Puchkin. – Rostov, 2015.
8. Badalyan A. F. Forensic medical assessment of vehicle speed taking into account morphological features of blood traces/ A. F. Badalyan, V. P. Novoselov // Bulletin of Forensic medicine №2 (2018): 4–7.
9. Evtukov, S. A. determination of the speed of the vehicle on the garbage of the body of the pedestrian during the impact / S. A. Evtukov, V. A. Chudakov // Information technology and innovations in transportation (2015): 281–287.

Ksenofontova Victoria Anatolyovna
Ph.D., Associate Professor
Sevastopol State University
299053, Sevastopol, Universitetskaya
Str. 33
Ph.: 8978-767-28-87
E-mail: vikkstation@rambler.ru

Ablaev Alim Rustemovich
Ph.D., Associate Professor
Sevastopol State University
299053, Sevastopol, Universitetskaya
Str. 33
Ph.: 8978-810-05-64
E-mail: ARABlaev@sevsu.ru

Ablaev Remzi Rustemovich
Senior Lecturer
Sevastopol State University, expert
299053, Sevastopol, Universitetskaya
Str. 33
Ph.: 8978-801-91-41
E-mail: ablaev.expert@mail.ru

УДК 534.1: 621.311

В.А. АНТИМОНОВ, А.В. ИВАНОВ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГАСИТЕЛЕЙ ВИБРАЦИИ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА АКТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Аннотация. *Предложен прямой метод проектирования гасителей вибраций типа Стокбриджа, позволяющий определять размеры их элементов по собственным частотам, заданных конструктором произвольно. Взаимосвязь входных и выходных параметров проектирования определяется уравнением регрессии, полученным в результате проведения регрессионного анализа. Регрессионная модель строилась по результатам расчета частот колебаний в зависимости от геометрических и массово-инерционных*

параметров гасителей колебаний с помощью метода конечных элементов. Разработанная математическая модель дает возможность решать задачи проектирования в различной постановке, в том числе как экстремальные, когда к ограничениям на параметры проектирования предъявляются противоречивые требования. Данный метод позволяет выбирать из множества решений оптимальное, а на начальной стадии анализа выявлять задачи, не имеющих решения.

Ключевые слова: гаситель вибраций, проектирование, собственная частота, регрессионный анализ, регрессионная модель, оптимальное решение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Stockbridge G.H. Vibration damper. Patent 1675391. – U.S., Filling date: Nov 12, 1925. Issue date: Jul 3, 1928.
2. EPRI EPRI Transmission Line Reference Book: Wind-Induced Conductor Motion. Second Edition, EPRI. – Palo Alto, CA2006. 1012317. 2006.
3. Guérard S., Godard B., Lilien J.-L. Aeolian Vibrations on Power-Line Conductors, Evaluation of Actual Self Damping // IEEE Transactions on Power Delivery. – October 2011. – №4: vol. 26. – pp. 2118–2122.
4. Vecchiarelli J. Aeolian Vibration of a Conductor with a Stockbridge-Type Damper: Doctor of Philosophy Dissertation in Mechanical and Industrial Engineering. – Toronto, 1997. – 264 p.
5. Saadabad N.A. Moradi H., Vossoughi G. Semi-active control of forced oscillations in power transmission lines via optimum tuneable vibration absorbers: With review on linear dynamic aspects – International Journal of Mechanical Sciences, October 2014. – vol. 87. – pp. 163–178.
6. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний: Учебник для вузов. – М.: Высш. школа, 1980. – 408 с.
7. Головин А.А. Применение метода активного планирования эксперимента в синтезе плоских рычажных механизмов // Труды МВТУ им. Н.Э. Баумана. Теория машин и механизмов. Вып. 408, 1984. – С. 71–78.
8. Uy M. Telford J.K. Optimization by Design of Experiment techniques // IEEE Aerospace conference. – Big Sky, MT, USA: IEEE, 2009.
9. Proceedings of the International Conference in Honor of the late Jagdish Srivastava. Satellite Conference of the 58th ISI World Statistics Congress, Dublin / Ed. Melas V. Nachtmann G., Rasch D. – Vienna, Austria: Center of Experimental Design University of Natural Resources and Life Sciences, 2011. – ISBN 978–3–900962–96–8.
10. Планирование эксперимента при исследовании и оптимизации технологических процессов / Спиридонов А.А., Васильев Н.Г. // Учебное пособие. – Свердловск, изд. УПИ им. С.М. Кирова, 1975. – 140 с.
11. A. Ivanov, A. Golovin, N. Maksimenko Definition of Optimum Tolerances for the Sizes of Planar Mechanisms // 1st European Conference on Mechanism Science (Oberurgl, Austria, February 21–26). Conference Proceedings. – Oberurgl: EuCoMeS, 2006. – pp. 1–11.
12. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация: Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 318 с.
13. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 428 с.
14. ANSYS 10.0 ANSYS, Inc. Theory Reference.
15. Morgan V. T. "The Detection and Damping of Overhead-Line Conductor Vibration", The Institution of Electrical Engineers, no. 3885 M, June 1962. – pp. 121–134.
16. Li L., Kong D.-Y., Long X.-H. and Fanq Q.-H, "Numerical Analysis on Aeolian Vibration of Transmission Lines with Stockbridge Dampers", Journal of Chongqing University, December 2008. – pp. 44–65.
17. Box G.E.P., Behnken D.W. Some New Three Level Designs for the Study of Quantitative Variables // Technometrics, 1960. №2. – С.455–475.
18. Кузьменко В.Г. VBA. – М.: ООО "Бином-Пресс", 2009. – 624 с.
19. Иванов А.В. Применение метода активного планирования эксперимента в задачах синтеза гасителей вибрации проводов воздушных систем энергоснабжения // Наука и Образование: Электронное научно-техническое издание. 2014. Вып. 6. DOI: 10.7463/0614.0715236 (<http://technomag.bmstu.ru/doc/715236.html>).
20. Аттетков А.В., Галкин С.В., Зарубин В.С. Методы оптимизации: Учеб. для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – 2-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 440 с. (Сер. Математика в техническом университете; Вып. XIV).

Антимонов Виктор Алексеевич
ФГБОУВО "МГТУ им. Н.Э. Баумана"
Кандидат технических наук, доцент кафедры
"Технологии обработки материалов"
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 7
Тел. +7 (499) 267-00-62
E-mail: ava@bmstu.ru

Иванов Андрей Владимирович
ФГБОУВО "МГТУ им. Н.Э. Баумана"
Кандидат технических наук, доцент кафедры
"Оборудование и технологии прокатки"
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Тел. +7 (499) 263-60-32
E-mail: avivanov@bmstu.ru

DESIGNING OF VIBRATION DAMPERS OF WIRES ON THE BASIS OF EXPERIMENTAL DESIGN TECHNIQUE

Abstract. *A direct method for design Stockbridge-type vibration dampers is described. The method allows determining the dimensions of vibration dampers elements using the natural frequencies specified by the designer arbitrarily. The relationship between input and output design parameters is determined by the regression equation obtained as a result of the regression analysis. The regression model created based on the results of calculating the natural frequencies depending on the geometric and mass-inertial parameters of vibration dampers using the finite element method. The mathematical model makes it possible to solve various design problems, including extreme tasks with inconsistent requirements on design parameters. This method allows determining optimal results from a various solutions and identifying problems that have no solutions at the initial stage of the designing.*

Keywords: *vibration damper, designing, natural frequency, plan and design experiment, regression analysis, regression model, optimal solution*

BIBLIOGRAPHY

1. Stockbridge G.H. Vibration damper. Patent 1675391. – U.S., Filling date: Nov 12, 1925. Issue date: Jul 3, 1928.
2. EPRI EPRI Transmission Line Reference Book: Wind-Induced Conductor Motion. Second Edition, EPRI. – Palo Alto, CA2006. 1012317. 2006.
3. Guérard S., Godard B., Lilien J.-L. Aeolian Vibrations on Power-Line Conductors, Evaluation of Actual Self Damping // IEEE Transactions on Power Delivery. – October 2011. – №4: vol. 26. – pp. 2118–2122.
4. Vecchiarelli J. Aeolian Vibration of a Conductor with a Stockbridge-Type Damper: Doctor of Philosophy Dissertation in Mechanical and Industrial Engineering. – Toronto, 1997. – 264 p.
5. Saadabad N.A. Moradi H., Vossoughi G. Semi-active control of forced oscillations in power transmission lines via optimum tuneable vibration absorbers: With review on linear dynamic aspects – International Journal of Mechanical Sciences, October 2014. – vol. 87. – pp. 163–178.
6. Biderman V.L. Teoriya mekhanicheskikh kolebaniy: Uchebnik dlya vuzov. – M.: Vyssh. shkola, 1980. – 408 s.
7. Golovin A.A. Primeneniye metoda aktivnogo planirovaniya eksperimenta v sinteze ploskikh rychnykh struktur // Trudy MVTU im. N.E. Baumana. Teoriya mashin i izobrazheniy. Vyp. 408, 1984. – S. 71–78.
8. Uy M. Telford J.K. Optimization by Design of Experiment techniques // IEEE Aerospace conference. – Big Sky, MT, USA: IEEE, 2009.
9. Proceedings of the International Conference in Honor of the late Jagdish Srivastava. Satellite Conference of the 58th ISI World Statistics Congress, Dublin / Ed. Melas V. Nachtmann G., Rasch D. – Vienna, Austria: Center of Experimental Design University of Natural Resources and Life Sciences, 2011. – ISBN 978-3-900962-96-8.
10. Planirovaniye eksperimentov pri issledovanii i ispolzovanii tekhnologiy tekhnologicheskikh protsessov / Spiridonov A.A., Vasilyev N.G. // Uchebnoye posobiye. – Sverdlovsk, izd. UPI im. S.M. Kirova, 1975. – 140 s.
11. A. Ivanov, A. Golovin, N. Maksimenko Definition of Optimum Tolerances for the Sizes of Planar Mechanisms // 1st European Conference on Mechanism Science (Oberurgl, Austria, February 21–26). Conference Proceedings. – Oberurgl: EuCoMeS, 2006. – pp. 1–11.
12. Zenkevich O., Morgan K. Konechnyye elementy i approksimatsiya: Per. s angl. – M.: Mir, 1986. – 318 s.
13. Gallager R. Metod konechnykh elementov. Osnovy: Per. s angl. – M.: Mir, 1984. – 428 s.
14. ANSYS 10.0 ANSYS, Inc. Theory Reference.
15. Morgan V. T. "The Detection and Damping of Overhead-Line Conductor Vibration", The Institution of Electrical Engineers, no. 3885 M, June 1962. – pp. 121–134.
16. Li L., Kong D.-Y., Long X.-H. and Fanq Q.-H, "Numerical Analysis on Aeolian Vibration of Transmission Lines with Stockbridge Dampers", Journal of Chongqing University, December 2008. – pp. 44–65.
17. Box G.E.P., Behnken D.W. Some New Three Level Designs for the Study of Quantitative Variables // Technometrics, 1960. №2. – C.455–475.
18. Kuzmenko V.G. VBA. – M.: OOO "Binom-Press", 2009. – 624 s.
19. Ivanov A.V. Primeneniye metoda aktivnogo planirovaniya eksperimenta v zadachakh sinteza vibratsiy provodnikov vozdukhnykh sistem energosnabzheniya // Nauka i obrazovaniye: Elektronnoye nauchno-tekhnicheskoye izdaniye. 2014. Vyp. 6. DOI: 10.7463 / 0614.0715236 (<http://technomag.bmstu.ru/doc/715236.html>).
20. Attekov A.V., Galkin S.V., Zarubin B.S. Metody optimizatsii: Ucheb. dlya vuzov / Pod red. DO NASHEY ERY. Zarubina, A.P. Krishchenko. – 2-ye izd., Stereotip. – M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2003. – 440 s. (Ser. Matematika v tekhnicheskoy universitete; Vyp. XIV).

Antimonov Viktor Alekseevich

"Bauman MSTU", Moscow

Ph.D., associate professor of the department "Material processing technologies"

105005, Moscow, 2-nd Baumanskaya ul. 7

Ph. +7 (499) 267-00-62

Ivanov Andrey Vladimirovich

"Bauman MSTU", Moscow

Ph.D., associate professor of the department "Equipment and rolling technologies"

105005, Moscow, 2-nd Baumanskaya ul. 5, bld. 1

Ph. +7 (499) 263-60-32

УДК 629.015

О.А. АРКАДЬЕВА, Т.Л. ЧЕМАКИНА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ОПОРНЫЕ КОЛОННЫ СПБУ

Аннотация. В статье рассмотрены основные нагрузки, действующие на опорные колонны СПБУ. Представлены основные методы расчета опорных колонн с учетом действующих нагрузок.

Ключевые слова: нагрузки, СПБУ, постоянные нагрузки, переменные нагрузки, опорные колонны, несущая конструкция.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила классификации, постройки и оборудования ПБУ/МСП: Российский морской регистр судоходства. 2014. 493 с.
2. Руководство по безопасности: «Методика анализа риска аварий на опасных производственных объектах морского нефтегазового комплекса»: Серия 08. Выпуск 27. П. – М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2015. – 94 с.
3. Электронный ресурс URL: <http://news.bbc.co.uk>
4. Электронный ресурс URL: <https://www.geoexpro.com/>
5. Электронный ресурс URL: <https://officerofthewatch.com>

Аркадьева Ольга Арленовна
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
Студентка магистратуры гр. КМ-110
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
Тел. +7(978)097-29-15

Чемакина Тамара Львовна
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Кораблестроение и океанотехника»
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
Тел. +7(978)79-11-440
e-mail: chemakina1951@gmail.com

O.A. ARKADIEVA, T.L. CHEMAKINA

DETERMINATION OF LOADS ACTING ON THE SUPPORTING COLUMNS, JACK-UP

Abstract. The article describes the main loads acting on the support columns, Jack-up drilling rig. The basic methods of calculation of support columns taking into account operating loads are presented.

Keywords: loads, SBU, constant loads, variable loads, support columns, load-bearing structure.

BIBLIOGRAPHY

1. Pravila klassifikatsii, postroyki i oborudovaniya PBU/MSP: Rossiyskiy morskoy registr sudokhodstva. 2014. 493 s.
2. Rukovodstvo po bezopasnosti: «Metodika analiza riska avariyy na opasnykh proizvodstvennykh ob"yektakh morskogo neftegazovogo kompleksa»: Seriya 08. Vypusk 27. P. – M.: Zakrytoye aktsionernoye obshchestvo «Nauchno–tekhnicheskiiy tsentrissledovaniy problem promyshlennoy bezopasnosti», 2015. – 94 s.
3. Elektronnyy resurs URL: <http://news.bbc.co.uk>
4. Elektronnyy resurs URL: <https://www.geoexpro.com/>
5. Elektronnyy resurs URL: <https://officerofthewatch.com>

Arkadiyeva Olga Erlanovna
Federal STATE Autonomous educational institution
Sevastopol state University
Masters student

Chemakina Tamara Lvovna
Federal STATE Autonomous educational institution
Sevastopol state University> Candidate of technical
Sciences, associate Professor The naval architecture and

УДК 658.512

В.Б. БОГУЦКИЙ, Л.Б. ШРОН

ОЦЕНКА УРОВНЯ ПЕРЕНАЛАЖИВАЕМОСТИ ГИБКИХ МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩИХ МОДУЛЕЙ

Аннотация. Технологическая система ГПМ может рассматриваться как дискретная система, которая может находиться в состоянии переналадок и должна учитывать потоки передачи управляющей информации от подсистем высшего уровня к устройствам более низкого уровня и запросы на обслуживание, поступающих в обратном направлении. Предложено рассматривать систему состояния ГПМ с использованием марковских процессов, которая зависит только от текущего состояния и не зависит от предыстории и определяется совокупностью уравнений финальных вероятностей. Решение системы уравнений позволит определить вероятность безотказно-беспереналадочной работы, а также вероятности соответствующих состояний. Предлагаемая модель позволит с достаточной точностью оценить варианты ГПМ и участков на их основе, является основой для постановки машинных экспериментов, выявления слабых элементов в подсистемах, их совершенствования и проектирования системы.

Ключевые слова: технологическая система, отказ и восстановление, переналаживаемость, граф состояния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Arvind Kaushal, Ajay Vardhan, R. S. Rajput. Flexible manufacturing system. A modern approach to manufacturing technology international// Refereed Journal of Engineering and Science – 2016. – Vol. 5. – Iss. 4. – P.16–23.
2. Абрамова, И.Г. Абрамов Д.А. Повышение эффективности производственных мощностей в свете реализации технологий бережливого и умного производства// Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т.15. – № 6–3. – С.557–562.
3. Dodla Srikanth, M. Kulkarni. Quality, Reliability and Maintenance (Q, R & M) Issues in Reconfigurable Manufacturing Systems (RMS) // Applied Mechanics and Materials. – 2012. – Vol. 110–116. – P. 1442–1446.
4. Mitsuyuki Konishi, Tamaya Sugano. Flexible Manufacturing System for Agile Production// Technical Review. – 2005. – Vol. 42 – No. 2.
5. Долгин, В.П., Харченко, А.О. Надежность технических систем: Учебное пособие/. – М.: Вузовский учебник. – НИЦ ИНФРА–М, 2015. – 167 с.
6. Philip Ajay, Rajiv Kumar Sharma. A stochastic reward net approach for reliability analysis of a flexible manufacturing module // International Journal of System Assurance Engineering and Management. – 2013. – Vol. 4. – Iss. 3. – P. 293–302.
7. Сергеев, А.И., Гончаров, А.Н. Алгоритмы моделирования работы производственной системы // Научно-технический журнал СТН. – 2012. – № 6. – С. 2–5.
8. Seongwoo Woo. Reliability Design of Mechanical Systems. A Guide for Mechanical and Civil Engineers. – Springer International Publishing AG, 2017. – 309 p.
9. Давыдов, В. М. Формирование модулей механообработки методами структурно-функционального синтеза в условиях многономенклатурного производства: автореф. дис.... докт. техн. наук. – Комсомольск-на-Амуре, 2004. – 33 с.
10. Loganathan M.K., Gandhi O.P. Reliability enhancement of manufacturing systems through functions// Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. – 2017. – Vol. 231. – Iss. 10. – P. 1850–1868.
11. Chen M. C., Yang T. Design of manufacturing systems by a hybrid approach with neural network metamodeling and stochastic local search // International Journal of Production Research. – 2002. – Iss. 40. – P. 71–92.
12. Богуцкий, В.Б., Шрон, Л.Б. Методика оценки надежности синтезированного варианта модуля для механической обработки деталей// Вестник современных технологий. Сборник научных трудов. – № 4 (12). ФГАОУ ВО «СевГУ», – Севастополь, 2018. – С. 4–12.
13. Ruiz M.C., Cazorla D., Cuartero F., Macia H. Improving performance in flexible manufacturing systems// The Journal of Logic and Algebraic Programming. Elsevier Inc. – 2008. doi:10.1016/j.jlap.2008.11.002.
14. Додонов, В.В. Использование элементов теории массового обслуживания для анализа производительности и надежности автоматизированных станочных систем // Известия высших учебных заведений. – 2011. – № 12. – С. 70–76.
15. Денисенко, Т.И. Использование марковских цепей при решении различных прикладных задач // Фундаментальные исследования. – 2009. – No 1. – С. 27–28.

16. Богуцкий, В.Б., Шрон, Л.Б. Оценка надежности синтезированного варианта модуля механической обработки по параметрическим отказам // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Научный журнал. № 2 (60). – Симферополь: РИО КИПУ, 2018. – С. 221–226.

17. Богуцкий, В.Б., Шрон, Л.Б. Оценка надежности синтезированного варианта модуля для механической обработки деталей по отказам функционирования // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Научный журнал. № 1 (59). – Симферополь: РИО КИПУ, – 2018. – С. 170–176.

18. Беляева, О. П. Организационные методы повышения гибкости производственных систем. Дис.... канд. техн. наук. – Кострома, 2006. – 147 с.

19. The effective implementation and operation of flexible manufacturing systems// International Studies of Management and Organization – 1992. – Vol. 22(4). – P. 33–48.

Богуцкий Владимир Борисович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь

Кандидат технических наук, доцент кафедры

Технология машиностроения

229053, г. Севастополь, ул. Университетская 33

Тел. +7(978)–76–72–873

E-mail: bogutskivb@yandex.ru

Шрон Леонид Борисович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь

Кандидат технических наук, доцент кафедры

Технология машиностроения

229053, г. Севастополь, ул. Университетская 33

Тел. +7(978)–74–47–546

E-mail: shronlb@mail.ru

V.B. BOGUTSKY, L.B. SHRON

ASSESSMENT OF THE LEVEL OF READJUSTMENT FLEXIBLE MACHINING MODULES

Abstract. *The FM technological system can be considered as a discrete system that can be in a changeover state and should take into account control information transmission flows from higher-level subsystems to lower-level devices and service requests coming in the opposite direction. It has been proposed to consider the state system of a FMS using Markov processes, which depends only on the current state and does not depend on history and is determined by a set of equations of final probabilities. The solution of the system of equations will make it possible to determine the probability of trouble-free and non-commissioning work, as well as the probabilities of the corresponding states. The proposed model will allow with sufficient accuracy to evaluate the variants of the FMS and areas based on them, it is the basis for the formulation of machine experiments, the identification of weak elements in the subsystems, their improvement and system design.*

Keywords: *technological system, failure and recovery, readjustment, state graph.*

BIBLIOGRAPHY

1. Arvind Kaushal, Ajay Vardhan, R. S. Rajput. Flexible manufacturing system. A modern approach to manufacturing technology international// Refereed Journal of Engineering and Science – 2016. – Vol. 5. – Iss. 4. – P.16–23.

2. Abramova, I.G. Abramov D.A. Povyshenie ehffektivnosti proizvodstvennyh moshchnostej v svete realizacii tekhnologij berezhlivogo i umnogo proizvodstva// Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. – 2013. – T.15. – № 6–3. – С.557–562.

3. Dodla Srikanth, M. Kulkarni. Quality, Reliability and Maintenance (Q, R & M) Issues in Reconfigurable Manufacturing Systems (RMS) // Applied Mechanics and Materials. – 2012. – Vol. 110–116. – P. 1442–1446.

4. Mitsuyuki Konishi, Tamaya Sugano. Flexible Manufacturing System for Agile Production// Technical Review. – 2005. – Vol. 42 – No. 2.

5. Dolgin, V.P., Harchenko, A.O. Nadezhnost tekhnicheskikh sistem: Uchebnoe posobie. – M.: Vuzovskij uchebnik. – NIC INFRA–M, 2015. – 167 с.

6. Philip Ajay, Rajiv Kumar Sharma. A stochastic reward net approach for reliability analysis of a flexible manufacturing module // International Journal of System Assurance Engineering and Management. – 2013. – Vol. 4. – Iss. 3. – P. 293–302.

7. Sergeev, A.I., Goncharov, A.N. Algoritmy modelirovaniya raboty proizvodstvennoj sistemy // Nauchno–tekhnicheskij zhurnal STIN. – 2012. – № 6. – С. 2–5.

8. Seongwoo Woo. Reliability Design of Mechanical Systems. A Guide for Mechanical and Civil Engineers. – Springer International Publishing AG, 2017. – 309 p.

9. Davydov, V.M. Formirovanie modulej mekhanoobrabotki metodami strukturno–funkcionalnogo sinteza v usloviyah mnogonomenklaturnogo proizvodstva: avtoref. dis.... dokt. tekhn. nauk. – Komsomolsk–na–Amure, – 2004. – 33 с.

10. Loganathan M.K., Gandhi O.P. Reliability enhancement of manufacturing systems through functions// Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. – 2017. – Vol. 231. – Iss. 10. – P. 1850–1868.
11. Chen M. C., Yang T. Design of manufacturing systems by a hybrid approach with neural network metamodeling and stochastic local search // International Journal of Production Research. – 2002. – Iss. 40. – P. 71–92.
12. Bogutsky, V.B., Shron, L.B. Metodika ocenki nadezhnosti sintezirovannogo varianta modulya dlya mekhanicheskoy obrabotki detalej// Vestnik sovremennykh tekhnologij. Sbornik nauchnykh trudov. – № 4 (12). FGAOU VO «SevGU». – Sevastopol. –2018. – C. 4–12.
13. Ruiz M.C., Cazorla D., Cuartero F., Macia H. Improving performance in flexible manufacturing systems// The Journal of Logic and Algebraic Programming. Elsevier Inc. – 2008. doi:10.1016/j.jlap.2008.11.002.
14. Dodonov, V.V. Ispolzovanie ehlementov teorii massovogo obsluzhivaniya dlya analiza proizvoditelnosti i nadezhnosti avtomatizirovannykh stanochnykh sistem//Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. – 2011. – № 12. – C. 70–76.
15. Denisenko. T.I. Ispolzovaniye markovskikh tsepey pri reshenii razlichnykh prikladnykh zadach // Fundamentalnyye issledovaniya. – 2009. – No 1. – C. 27–28.
16. Bogutsky, V.B., Shron, L.B. Ocenka nadezhnosti sintezirovannogo varianta modulya mekhanicheskoy obrabotki po parametricheskim otkazam // Uchenyye zapiski Krymskogo inzhenerno– pedagogicheskogo universiteta. Nauchnyy zhurnal. № 2 (60). — Simferopol: RIO KIPU, – 2018. – C. 221–226.
17. Bogutsky, V.B., Shron, L.B. Otsenka nadezhnosti sintezirovannogo varianta modulya dlya mekhanicheskoy obrabotki detaley po otkazam funktsionirovaniya //Uchenyye zapiski Krymskogo inzhenerno– pedagogicheskogo universiteta. Nauchnyy zhurnal. № 1 (59). – Simferopol: RIO KIPU, – 2018. – C. 170–176.
18. Belyaeva, O. P. Organizatsionnye metody povysheniya gibkosti proizvodstvennykh sistem. Dis.... kand. tekhn. nauk. – Kostroma, – 2006. – 147 c.
19. The effective implementation and operation of flexible manufacturing systems// International Studies of Management and Organization – 1992. – Vol. 22(4). – P. 33–48.

Bogutsky Vladimir Borisovich

Federal State Educational Institution of Higher Education
«Sevastopol State University», Sevastopol
Ph.D., assistant professor of dept. Technology of
mechanical engineering
229053, Sevastopol, st. University, 33
Ph. +7(978)–76–72–873
E-mail: bogutskivb@yandex.ru

Shron Leonid Borisovich

Federal State Educational Institution of Higher Education
«Sevastopol State University», Sevastopol
Ph.D., assistant professor of dept. Technology of
mechanical engineering
229053, Sevastopol, st. University, 33
Ph. +7(978)–74–47–546
E-mail: shronlb@mail.ru

УДК 531.43:620.178.16

Л.И. КУКСЕНОВА, М.С. АЛЕКСЕЕВА, И.А. ХРЕННИКОВА, М.А. ГРЕСС

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ АЗОТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ НА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И СТРУКТУРНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ

Аннотация. *Описан комплексный метод оценки качества азотированного слоя, основанный на изучении структурных характеристик материала поверхностного микрообъема азотированного элемента пары трения и его износостойкости. Макроскопические критерии пары трения отражают механизм контактного взаимодействия, связанный с деформацией и разрушением поверхностного слоя, а микроскопические – выявляют структурное состояние зоны деформации, в совокупности они определяют качество технологической обработки и работоспособность сопряжения.*

Ключевые слова: азотирование, конструкционные стали и сплавы, структура, износостойкость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арзамасов, Б.Н. Ионная химико–термическая обработка сплавов / Б.Н. Арзамасов, А.Г. Братухин, Ю.С. Елисеев, Т.А. Панайоти // – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 1999. – 400с.
2. Герасимов, С.А. Структура и износостойкость азотированных конструкционных сталей и сплавов / С.А. Герасимов, Л.И. Куksenova, В.Г. Лаптева // – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 518с.
3. Rybakova, L.M. Physical criteria of wear resistance of metal materials in surface–active lubricating media L.M. Rybakova, L.I. Kuksenova // Proc. the Conference on Tribology “Friction, Lubrication and Wear–50 years on”. London. – JME. – 1987. P. 419–426.

4. Савенко, В.И. О соотношениях между феноменологическими и структурными критериями работы узлов трения / В.И. Савенко, Е.Д. Шукин Е.Д. // Трение и износ. – 1987. – № 4. – С. 581–589.
5. Куксенова, Л.И. Рентгеноструктурный и триботехнический методы контроля качества антифрикционных покрытий / Л.И. Куксенова, Л.М. Рыбакова // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 1999. – № 1. – Т.65. – С. 19–24.
6. Куксенова, Л.И. Физические основы критериальной оценки технологии азотирования деталей узлов трения / Л.И. Куксенова, С.А. Герасимов, В.Г. Лаптева, М.С. Алексеева // МиТОМ. – 2012. – № 12. – С. 39–47.
7. Куксенова, Л.И. Структурное состояние приповерхностных слоев металла и его влияние на уровень разрушения в условиях объемного и поверхностного деформирования / Л.И. Куксенова, М.С. Алексеева, М.А. Гресс // Вестник научно-технического развития. – 2019. – № 2(138). – С. 15–29. DOI: 10.18411/vntr2019–138–3.
8. Дроздов, Ю.Н. Кинетика разрушения конструкционных сталей при трении / Ю.Н. Дроздов, Л.М. Рыбакова, И.П. Литвинов, Б.Б. Павлик, С.А. Сидоров // Трение и износ. – 1989. – № 5. – С. 773–778.
9. Попов, Л.Е. Пластическая деформация сплавов / Л.Е. Попов, В.С. Кобытев, Т.А. Ковалевская // М.: Металлургия. – 1984. – 182с.
10. Уманский, Я.М. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия / Я.М. Уманский, Ю.А. Скаков Ю, А.Н. Иванов, Л.Н. Расторгуев // М.: Металлургия. –1982. – 632с.

Куксенова Лидия Ивановна

ИМАШ РАН, МГТУ им. Н.Э.Баумана, г.Москва
доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник, зав.лабораторией
8(910)426–08–56
lkukc@mail.ru

Алексеева Мария Сергеевна

ВИАМ, ИМАШ РАН, г.Москва
кандидат технических наук,
8(915)340–33–86
alekseeva_ms@list.ru

Хренникова Ирина Анатольевна

ИМАШ РАН, г.Москва
старший инженер
8(915)475–07–97

Гресс Марина Алексеевна

МГТУ им. Н.Э.Баумана, г.Москва
старший преподаватель
старший научный сотрудник
8(910)438–33–63
gressma75@gmail.ru

L.I. KUKSENOVA, M.S. ALEKSEEVA, I.A. CHRENNIKOVA, M.A. GRESS

THE EFFECT OF NITRIDING CONDITIONS ON STRUCTURAL STEELS ON THEIR PERFORMANCE PROPERTIES AND STRUCTURAL METHOD FOR ASSESSING THE QUALITY OF THE SURFACE LAYER

Abstract. *The comprehensive method for assessing the quality of a nitrated tribotechnical layer, based on the structural characteristics of the surface microvolume material of the nitrated friction pair element and its wear resistance is described. Macroscopic criteria reflect the mechanism of contact interaction associated with the deformation and destruction of the surface layer, and microscopic – reveal the structural state of the deformation zone, in aggregate, they reflect the quality of technological processing and the operability of the friction couple.*

Keywords: *nitriding, structural steels and alloys, structure, wear resistance.*

BIBLIOGRAPHY

1. Arzamasov, B.N. Ionnay chimiko–termischeskaya obrabotka splavov / B.N.Arzamasov, A.G.Bratuchin, Yu.S.Eliseev, T.A.Panayoti. – М.: MGTU im.N.E.Baumana, 1999. – 400 s..
2. Gerasimov, S.A. Struktura i iznosostoeikost azotirovannykh konstruksionnykh staley i splavov / S.A.Gerasimov, L.I.Kuksenova, V.G.Lapteva. – М.: MGTU im.N.E.Baumana, 2014. – 518 s.
3. Rybakova, L.M. Physical criteria of wear resistance of metal materials in surface–active lubricating media / L.M. Rybakova, L.I.Kuksenova // Proc. the Conference on Tribology “Friction, Lubrication and Wear–50 years on” – London: JME. – 1987. P.419–426.
4. Savenko, V.I. O sootnoshenieah meszdu fenomenologiczeskimi i strukturnymi kriteriyami raboty uzlov treniya / V.I. Savenko, E.D.Shchukin //Trenie i iznos. – 1987. №4. – S. 581 – 589.
5. Kuksenova, L.I. Rentgenostrukturniy I tribotekhnicheskiiy metodyi kontrolya kaszestva antiphrikzionnyih pokrytiy / L.I. Kuksenova, L.M. Rybakova // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. – 1999. – №1. – S. 19 – 24.

6. Kuksenova, L.I. Fizicheskie osnovy kriterialnoy ozenki technologii asotirovaniya detaley uzlov treniya / S.A.Gerasimov, V.G.Lapteva, M.S.Alekseeva // MiTOM. – 2012. №12. – С.39 – 47.
7. Kuksenova, L.I. Strukturnoe sostoyanie pri poverhnostnykh sloev metalla i ego vliyanie na uroven razrusheniya v usloviyakh obemnogo i poverhnostnogo deformatsirovaniya / L.I. Kuksenova, M.S.Alekseeva, M.A.Gress // VNTR. – 2019. №2(138). – С. 15 – 29. DOI:10.18411/vntr2019-138-3.
8. Drozdov, Yu.N. Kinetika razrusheniya konstruktsionnykh staley pri trenii / Yu.N. Drozdov, L.M. Rybakova, I.P.Litvinov, B.B.Pavlik, S.A.Sidorov // Trenie i iznos. – 1989. №5. – С. 773 – 778.
9. Popov, L.E. Plasticheskiy deformatsiya splavov / L.E. Popov, V.S.Kobytev, T.A.Kovalevskaya. – М.: Metallurgiya, 1984. – 182 s.
10. Umansky, Ya.M. Kristallografiya, rentgenografiya i elektronnaya mikroskopiya / Ya.M. Umansky, Yu.A.Skakov, A.N. Ivanov. – М.: Metallurgiya, 1982. – 632 s.

Kuksenova Lidiya Ivanovna
IMASH RAN, Bauman State University, Moscow
Sc.D, professor, head of laboratory
Moscow, Ul.Skobelevskaya, 20 – 6
8(910) – 426 – 08 – 56
lkuks@mail.ru
Alekseeva Mariya Sergeevna
VIAM, IMASH RAN, Moscow
Ph.D., senior research worker
Moscow, Leninsky Prospekt, 99 – 546
8(915)340 – 33 – 86
alekseeva_ms@list.ru

Chrennikova Irina Anatolevna
IMASH RAN, Moscow
engineer
Moscow, Reutovskaya Ul, 14 – 4
8(915) – 475 – 07 – 97
Gress Marina Alekseevna
Bauman State University, Moscow
senior teacher.
(910)438 – 33 – 63
gressma75@gmail.ru

УДК 621.774.2:621.981.1

А.А. МОИСЕЕВ, М.О. МИРОНОВА, О.В. СОКОЛОВА

ОСОБЕННОСТИ ФОРМОВКИ СЛОЖНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ЗАМКНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ

Аннотация. В работе представлен анализ существующих способов производства сложных тонкостенных замкнутых профилей (профильные трубы), на основе которого предлагается метод непрерывной валковой формовки из круглой заготовки как наиболее производительный и экономичный. Описаны основные проблемы возникающие в процессе производства замкнутых профилей методом валковой формовки. Предложена методика определения количества переходов в зависимости от сложности контура замкнутого профиля и диаметра исходной заготовки. Для подтверждения выбранной методологии представлены результаты моделирования в среде специализированного программного обеспечения на базе решателя MSC Marc.

Ключевые слова: непрерывная формовка, прямошовные трубы, сложные замкнутые профили, профильные трубы, профилирование, проформовка, формовочный стан, моделирование, метод конечных элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 54157–2010. Трубы стальные профильные для металлоконструкций.
2. Моисеев А.А., Соколова О.В., Лепестов А.Е. Особенности получения сложных замкнутых профилей из круглой трубы методом непрерывной валковой формовки. // Сталь – 2018 – №11 – с. 32–34.
3. В.С. Юсупов, А.В. Колобов, А.Е. Шелест, М.С. Селезнев, К.Э. Акопян. Валковая формовка, сварка, редуцирование и профилирование стальных труб малого и среднего диаметра. // ИМЕТ РАН – Москва – 2018г. – с. 10–546
4. Акопян К. Э. Исследование и совершенствование технологии профилирования электросварных стальных труб квадратного сечения в четырехвалковых калибрах: Автореф. дис.. канд. техн. наук. – М., 2012.
5. М.А. Соминин, Забара А. С., Плеснецов Ю. А. Совершенствование процесса формообразования тонкостенных профильных труб // Моделирование и развитие процессов ОМД. 2014. № 20. С. 215–222
6. Соколова О.В., Моисеев А.А. Особенности точной формовки тонкостенных и особо тонкостенных электросварных труб. // Сталь – 2018 – №5 – с. 30–32.

Моисеев Андрей Анатольевич
ФГБОУВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана»,
г. Москва
Аспирант, кафедра МТ10 «Оборудование
и технологии прокатки»
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5,
стр. 1

Миронова Мария Олеговна
ФГБОУВО «МГТУ им. Н.Э.
Баумана»
Старший преподаватель кафедры
«Оборудование и технологии
прокатки»
105005, Москва, 2-я Бауманская ул.,

Соколова Ольга Вадимовна
ФГБОУВО «МГТУ им. Н.Э.
Баумана», г. Москва
Кандидат технических наук,
доцент, доцент кафедры
МТ10 «Оборудование и
технологии прокатки»

A.A. MOISEEV, M.O. MIRONOVA, O.V. SOKOLOVA

ROLLFORMING OF COMPLEX THIN-WALLED CLOSED PROFILES

Abstract. *The article presents the analysis of existing ways to produce complex thin-walled profiles (shaped tubes), based on which the rollforming from round tube method is offered due to its productivity and economy. The main problems of the rollforming process are described. New method of pass amount establishment based on complexity of the profiles and diameter of initial tube is proposed. To confirm the following method the results of FEM modeling in the special software based on MSC Marc are presented.*

Keywords: *continuous forming, welded tubes, complex closed profiles, shaped tubes, shaping, well-shaped, forming mill, modeling, finite element method.*

BIBLIOGRAPHY

1. GOST 54157–2010. Truby stalnye profilnye dlya metallokonstrukcij.
2. Moiseev A.A., Sokolova O.V., Lepestov A.E. Osobennosti polucheniya slozhnyh zamknutyh profilej iz krugloj truby metodom nepreryvnoj valkovoj formovki. // Stal – 2018 – №11 – s. 32–34.
3. V.S. Yusupov, A.V. Kolobov, A.E. Shelest, M.S. Seleznev, K.E. Akopyan. Valkovaya formovka, svarka, reducirovaniye I profilirovaniye stalnyh trub malogo i srednego diametra. // IMET RAN – Moskva – 2018g. – s. 10–546
4. Akopyan K. E. Issledovanie I sovershenstvovanie tekhnologii profilirovaniya elektrosvarnyh stalnyh trub kvadratnogo secheniya v chetyrehvalkovykh kalibrah: Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk. –M., 2012.
5. M.A. Somnin, Zabara A. S., Plesnecov YU. A. Sovershenstvovanie processa formoobrazovaniya tonkostennyh profilnyh trub // Modelirovaniye I razvitiye processov OMD. 2014. № 20. S. 215–222
6. Sokolova O.V., Moiseev A.A. Osobennosti ochnoj formovki tonkostennyh I osobotonkostennyh elektrosvarnyh trub. // Stal – 2018 – №5 – s. 30–32.

Moiseev Andrei Anatolievich
«Bauman MSTU», Moscow
Postgraduate student at the
department of MT10 «Equipment
and rolling technologies»
105005, Moscow, 2-nd
Baumanskaya, 5
Ph.: (916) 615–98–18
E-mail: moiseev.andrey.a@mail.ru

Mironova Mariya Olegovna
«Bauman MSTU», Moscow
Senior Lecturer of the department
«Equipment and rolling technologies»
105005, Moscow, 2-nd Baumanskaya ul. 5,
bld. 1
Ph. +7 (499) 263–60–32
E-mail: tselikov100@bk.ru

Sokolova Olga Vadimovna
«Bauman MSTU», Moscow
Ph.D., associate professor at the
department of MT10 «Equipment
and rolling technologies»
105005, Moscow, 2-nd
Baumanskaya, 5
Ph.: (916) 615–98–18
E-mail: olga55–55@bk.ru

УДК 621.774.3

О.В. СОКОЛОВА, Е.В. ЛАГОШИНА, А.В. ИВАНОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИЙ В ЗАГОТОВКЕ ПРИ ХОЛОДНОЙ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПРОКАТКЕ

Аннотация. *Выпускаемые в России, станы холодной прокатки труб (ХПТ) уступают зарубежным аналогам по многим показателям. Поэтому необходимы дальнейшие разработки, которые позволят получить на российских станах трубы, отвечающие всем современным требованиям. Один из способов повышения производительности станом и качества готовой продукции является минимизация сил, возникающих при холодной периодической прокатке в очаге деформации. Рассмотрены причины возникновения осевых сил и сил прокатки при прямом и обратном ходах клетки. Приведены оригинальные способы их решения.*

Ключевые слова: *холодная периодическая прокатка, катающий диаметр, осевые силы.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколова О.В., Восканьянц А.А., Комкова Т.Ю. Технология и оборудование производства труб на станах ХПТ: Учеб. пособие / Под ред. А.П. Молчанова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 40 с.
2. Способы снижения осевых усилий на станах ХПТ / А.А. Филатов, Н.А. Целиков, О.В. Соколова, Е.В. Лагошина и др. // Производство проката. – 2014. – №12. – С. 21–24.
3. Действие осевых сил при периодической прокатке труб на станах ХПТ / А.А. Филатов, Н.А. Целиков, О.В. Соколова, А.А. Глебов и др. // Производство проката. – 2017. – №12. – С.39–41.

4. Технология трубного производства / В.Н. Данченко, А.П. Коликов, Б.А. Романцев и др. – М.: Интермет Инжиниринг, 2002. – 640 с.
5. Шевакин Ю.Ф., Коликов А.П., Райков Ю.Н. Производство труб: Учеб. пособие. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005. – 268 с.
6. Целиков Н.А., Филатов А.А., Лагошина Е.В. Модернизация зубчато-реечного привода стана холодной прокатки труб // Тяжелое машиностроение. – 2015. – №10. – С. 12–18.
7. Филатов А.А., Соколова О.В., Лагошина Е.В. Экспериментальное исследование осевых усилий в станах холодной периодической прокатки труб // Производство проката. – 2015. – №10. – С.39–41.
8. Sokolova O.V., Verderevskii V.A., Merzlyakov V.D. Improving the efficiency of cold pipe rolling // Steel in Translation. – 2000. – №. 7. – С. 46–54.
9. Y. Azizoğlu M. Gårdsback, B. Sjöberg, L.-E. Lindgren Finite element modeling of tube deformation during cold pilgering // NUMIFORM 2016: The 12th International Conference on Numerical Methods in Industrial Forming Processes. – MATEC Web Conferences, 2016. – vol. 80.
10. Propagation of surface defects at cold pilger rolling of tubes and pipes / Frolov Ya., Schaper M., Grydin O., Andreiev V. – Metallurgical and Mining Industry, January 2016. – №9. – С. 72–79.
11. Иванов А.В. Трехмерное конечно-элементное моделирование процесса прокатки труб на станах ХПТ. Часть 1. // Производство проката. – 2015. – №2. – С.11–17.
12. Иванов А.В. Трехмерное конечно-элементное моделирование процесса прокатки труб на станах ХПТ. Часть 2. // Производство проката. – 2015. – №3. – С.22–25.

Соколова Ольга Вадимовна
ФГБОУВО «МГТУ им. Н.Э.
Баумана»
Кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование и
технологии прокатки»
105005, Москва, 2-я Бауманская
ул., д. 5, стр. 1
Тел. +7 (926) 615–98–18
E-mail: olga55–55@bk.ru

Лагошина Елена Владимировна
ФГБОУВО «МГТУ им. Н.Э.
Баумана»
Кандидат технических наук,
старший преподаватель кафедры
«Оборудование и технологии
прокатки»
105005, Москва, 2-я Бауманская
ул., д. 5, стр. 1
Тел. +7 (926) 926–814–81–14
E-mail: elena19881988@mail.ru

Иванов Андрей Владимирович
ФГБОУВО «МГТУ им. Н.Э.
Баумана»
Кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование и
технологии прокатки»
105005, Москва, 2-я Бауманская
ул., д. 5, стр. 1
Тел. +7 (499) 263–60–32
E-mail: avivanov@bmstu.ru

O.V. SOKOLOVA, E.V. LAGOSHINA, A.V. IVANOV

RESEARCH EFFORTS IN THE BILLET BY COLD PILGER PROCESS

Abstract. *Produced in Russia, cold pilger mills are inferior to foreign analogues in many respects. Therefore, further developments are needed that will allow to obtain pipes that meet all modern requirements at Russian mills. One of the ways to improve the productivity of machines and the quality of finished products is to minimize the forces arising from the cold periodic rolling in the deformation zone. The causes of axial forces and rolling forces in the forward and reverse motions of the stand are considered. The original ways of their solution are given.*

Keywords: *cold periodic rolling, rolling diameter, axial forces.*

BIBLIOGRAPHY

1. Sokolova O.V., Voskanyants A.A., Komkova T.YU. Tekhnologiya i oborudovaniye proizvodstva trub na stanakh KHPT: Ucheb. posobiye Pod Pod. A.P. Molchanova. – М.: Izd-vo MG TU im. N.E. Bauman, 2007. – 40 s.
2. Sposoby snizheniya osevykh usiliy na stanakh KHPT / A.A. Filatov, N.A. Tselikov, O.V. Sokolova, Ye.V. Lagoshina i dr. // Proizvodstvo prokata. – 2014. – №12. – С. 21–24.
3. Deystviye osevykh sil pri periodicheskoy prokatke trub na stanakh KHPT / A.A. Filatov, N.A. Tselikov, O.V. Sokolova, A.A. Glebov i dr. // Proizvodstvo prokata. – 2017. №12 – С.39–41.
4. Tekhnologiya trubnogo proizvodstva / V.N. Danchenko, A.P. Kolikov, B.A. Romantsev i dr. – М.: Internet Inzhiniring, 2002. – 640 s.
5. Shevakin YU.F., Kolikov A.P., Raykov YU.N. Proizvodstvo trub: Ucheb. posobiye. – М.: Internet Inzhiniring, 2005. – 268 s.
6. Tselikov N.A., Filatov A.A., Lagoshina Ye.V. Modernizatsiya zubchato-reyechnogo privoda stana kholodnoy prokatki trub // Tyazheloye mashinostroyeniye. – 2015. – №10. – С. 12–18.
7. Filatov A.A., Sokolova O.V., Lagoshina Ye.V. Eksperimentalnoye issledovaniye osevykh usiliy v stanakh kholodnoy periodicheskoy prokatki trub // Proizvodstvo prokata. – 2015. – №10. – С.39–41.
8. Sokolova O.V., Verderevskiy V.A., Merzlyakov V.D. Povysheniye effektivnosti kholodnoy prokatki trub // Stal v perevode. – 2000. – №. 7. – С. 46–54.

9. YA. Azizoglu, M. Gardsbak, B. Sheberg, L-E. Lindgren Konechno–elementnoye modelirovaniye deformatsii trub pri kholodnoy shtampovke // NUMIFORM 2016: 12–ya Mezhdunarodnaya konferentsiya po chislennym metodam v protsessakh promyshlennogo formovaniya. – MATEC Web Conferences, 2016. – Vyp. 80.

10. Rasprostraneniye poverkhnostnykh defektov pri kholodnoy prokatke trub i trub / Frolov YA., Shaper M., Grydin O., Andreyev V. – Metallurgicheskaya i gornodobyvayushchaya promyshlennost, yanvar 2016. – №9. – S. 72–79.

11. Ivanov A.V. Trekhmernoye konechno–elementnoye modelirovaniye protsessa prokatki trub na stanakh KHPT. Chast 1. // Proizvodstvo prokata. – 2015. – №2. – S.11–17.

12. Ivanov A.V. Trekhmernoye konechno–elementnoye modelirovaniye protsessa prokatki trub na stanakh KHPT. Chast 2. // Proizvodstvo prokata. – 2015. – №3. – S.22–25.

Sokolova Olga Vadimovna

«Bauman MSTU», Moscow

Ph.D., associate professor of the department «Equipment and rolling technologies»

105005, Moscow, 2–nd Baumanskaya ul. 5, bld. 1

Ph. +7 (926) 615–98–18

E–mail: olga55–55@bk.ru

Lagoshina Elena Vladimirovna

«Bauman MSTU», Moscow

Ph.D., Senior Lecturer of the department «Equipment and rolling technologies»

105005, Moscow, 2–nd Baumanskaya ul. 5, bld. 1

Ph. +7 (926) 926–814–81–14

E–mail: elena19881988@mail.ru

Ivanov Andrey Vladimirovich

«Bauman MSTU», Moscow

Ph.D., associate professor of the department «Equipment and rolling technologies»

105005, Moscow, 2–nd Baumanskaya ul. 5, bld. 1

Ph. +7 (499) 263–60–32

E–mail: avivanov@bmstu.ru

УДК 621.867.61

И.А. ШАРИФУЛЛИН, А.Л. НОСКО, Е.В. САФРОНОВ

СТЕНД ДЛЯ НАТУРНЫХ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ ГРАВИТАЦИОННЫХ РОЛИКОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ ДЛЯ ПАЛЛЕТ

Аннотация. На кафедре «Подъемно–транспортные системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана разработан стенд, позволяющий проводить натурные ресурсные испытания тормозных и конвейерных роликов, устройств остановки и разделения паллет, применяемых в паллетных гравитационных конвейерах и стеллажах отечественных и зарубежных производителей. Представлена принципиальная электрическая схема стенда, оснащенная необходимыми элементами безопасности для предотвращения и/или минимизации аварийных ситуаций. Описана измерительная система, обеспечивающая оперативный сбор и обработку информации, поступающей со стенда и объекта исследования, и снижающая трудоемкость анализа результатов эксперимента. Стенд работает полностью в автоматическом режиме, предназначен для испытаний роликов различных конструктивных исполнений диаметром от 50 мм до 135 мм и позволяет имитировать торможение паллет с грузом массой от 50 до 1250 кг.

Ключевые слова: стенд, гравитационный роликовый конвейер, паллета, автоматический режим.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафронов Е.В., Шарифуллин И.А., Носко А.Л. Устройства безопасной эксплуатации гравитационных роликовых конвейеров паллетного типа: монография. М.: Университетская книга, Редакционно–издательский дом РосНОУ. 2018. 72 с.

2. ПОТ Р М–029–2003. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта (конвейерный, трубопроводный и другие транспортные средства непрерывного действия). М.: Изд–во НЦ ЭНАС. 2003. 83 с.

3. Пат. 171994 Российская Федерация, МПК B65G 1/08, B65G 47/88. Устройство для остановки и разделения паллет / Носко А.Л., Сафронов Е.В., Шарифуллин И.А.; заявитель и патентообладатель МГТУ им. Н.Э. Баумана – № 2017110891, заявл. 31.03.2017; 23.06.2017. Бюл. № 18–2017.

4. Вычигин А.Н., Старик В.Н., Белостоцкий Б.Х., Загорский Г.А., Заволодько В.П. (СССР). Стенд для определения сопротивления вращению роликов ленточных конвейеров. А.с. 1791289 СССР, опубл. 30.01.93, бюл. № 4, 6 с.

5. Новиков Е.Е., Монастырский В.Ф., Лисица Н.И., Плахотник В.И., Бесчастный В.И., Богуславская З.П. (СССР). Устройство для определения сопротивления вращению роликов ленточного конвейера. А.с. 1066912 СССР, опубл. 15.01.84, бюл. № 2, 4 с.

6. Купчинов Б.И., Немогай Н.В., Гайдук Б.С., Павлов В.И. (СССР). Стенд для испытания роликов конвейера. А.с. 659476 СССР, опубл. 30.04.79, бюл. № 16, 4 с.

7. Барсуков В.Г., Индучный В.И., Горленко С.М., Извеков В.А. (СССР). Стенд для испытания роликов конвейера. А.с. 1021648 СССР, опубл. 07.06.83, бюл. № 21, 4 с.

8. Купчинов Б.И., Немогай Н.В. (СССР). Стенд для испытания роликов ленточного конвейера. А.с. 636148 СССР, опубл. 05.12.78, бюл. № 45, 3 с.
9. Демурин А.С., Модин Н.А., Янтовский Л.И. (СССР). Стенд для испытания роликов ленточного конвейера. А.с. 939355 СССР, опубл. 30.06.82, бюл. № 24, 5 с.
10. Рябинин Г.И., Янтовский Л.И. (СССР). Стенд для испытания ролика конвейера. А.с. 952700 СССР, опубл. 23.08.82, бюл. № 31, 4 с.
11. Новиков Е.Е., Монастырский В.Ф., Дырда В.И., Лисица Н.И., Ненадкевич Ю.П., Рыжко П.С. (СССР). Стенд для испытания роликов ленточного конвейера. А.с. 1097529 СССР, опубл. 15.06.84, бюл. № 22, 3 с.
12. Демурин А.С., Модин Н.А., Янтовский Л.И. (СССР). Стенд для испытания роликов ленточного конвейера. А.с. 977318 СССР, опубл. 30.11.82, бюл. № 44, 4 с.
13. Колесниченко К.А., Омельченко Н.И., Голуб В.М., Плиско Л.Н. (СССР). Устройство для испытания роликов на прочность. А.с. 615385 СССР, опубл. 15.07.78, бюл. № 26, 2 с.
14. Сафронов Е.В., Носко А.Л. Разработка испытательного оборудования для исследования работоспособности тормозных роликов гравитационных конвейеров // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2017. № 4. С. 151–159.
15. Шарифуллин И.А., Сафронов Е.В., Носко А.Л., Потапов В.А. Стенд для ресурсных испытаний тормозных роликов гравитационных конвейеров // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2018. № 4–2 (330). С. 161–167.
16. Коммуникационный протокол Modbus. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Modbus> (дата обращения: 18.05.2019).
17. Носко А.Л., Сафронов Е.В. Методика определения максимально допустимой скорости движения поддона на гравитационном роликовом конвейере // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2017. № 8. С. 32–40.
18. Носко А.Л. Оценка ресурса фрикционной накладки тормоза ГПМ // Трибология – машиностроению. Труды Всероссийской научно-технической конференции с участием иностранных специалистов. Москва. 2014. С. 61.

Шарифуллин Ильдар Азатович
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва
Аспирант кафедры «Подъемно–
транспортные системы»
105005, г. Москва, 2–я Бауманская
ул., д. 5, стр. 1
Тел. (499) 263–63–91
E-mail: formyjob94@mail.ru

Носко Андрей Леонидович
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва
Доктор технических наук,
профессор кафедры «Подъемно–
транспортные системы»
105005, г. Москва, 2–я Бауманская
ул., д. 5, стр. 1
Тел. (499) 263–63–91
E-mail: dr.nosko@mail.ru

Сафронов Евгений Викторович
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва
Ассистент кафедры «Подъемно–
транспортные системы»
105005, г. Москва, 2–я Бауманская
ул., д. 5, стр. 1
Тел. (499) 263–63–91
E-mail: gen-s@mail.ru

I.A. SHARIFULLIN, A.L. NOSKO, E.V. SAFRONOV

DEVICE FOR NATURAL RESOURCE TESTS OF GRAVITATIONAL ROLLER CONVEYORS FOR PALLETS

Abstract. *At the department "Lifting–transport systems" of the Bauman Moscow State Technical University has developed a device that allows to carry out field-based life tests of brake and conveyor rollers, pallet stop and separation devices used in pallet gravity conveyors and racks of domestic and foreign manufacturers. A circuit diagram of the device is presented, equipped with the necessary safety elements to prevent and/or minimize emergency situations. A measuring system is described that ensures the operative collection and processing of information coming from the device and the object of research, and reducing the complexity of the analysis of the results of the experiment. The device operates fully in automatic mode, designed for testing rollers of various designs with a diameter of 50 mm to 135 mm and allows to simulate the braking of a pallet with a weight of from 50 to 1250 kg.*

Keywords: *device, gravity roller conveyor, pallet, automatic mode.*

BIBLIOGRAPHY

1. Safronov E.V., Sharifullin I.A., Nosko A.L. Ustroystva bezopasnoy ekspluatatsii gravitatsionnykh rolikovykh konveyerov palletnogo tipa: monografiya. M.: Universitetskaya kniga, Redaktsionno-izdatelskiy dom RosNOU. 2018. 72 p.
2. POT R M–029–2003. Mezhotraslevyye pravila po okhrane truda pri ekspluatatsii promyshlennogo transporta (konveyernyy, truboprovodnyy i drugiye transportnyye sredstva nepreryvnogo deystviya). Moscow, NTS ENAS Publ., 2003, 83 p.

3. Pat. 171994 Russian Federation, MPK V65G 1/08, B65G 47/88. Ustroystvo dlya ostanovki i razdeleniya pallet / Nosko A.L., Safronov E.V., Sharifullin I.A.; zayavitel i patentoobladatel MGTU im. N.E. Baumana – № 2017110891, zayavl. 31.03.2017.
4. Vychigin A.N., Starik V.N., Belostotskiy B.KH., Zagorskiy G.A., Zavolodko V.P. (USSR). Stend dlya opredeleniya soprotivleniya vrashcheniyu rolikov lentochnykh konveyerov. A.s. 1791289 USSR, publ. 30.01.93, bul. № 4, 6 p.
5. Novikov E.E., Monastyrskiy V.F., Lisitsa N.I., Plakhotnik V.I., Beschastnyy V.I., Boguslavskaya Z.P. (USSR). Ustroystvo dlya opredeleniya soprotivleniya vrashcheniyu rolikov lentochnogo konveyera. A.s. 1066912 USSR, publ. 15.01.84, bul. № 2, 4 p.
6. Kupchinov B.I., Nemogay N.V., Gayduk B.S., Pavlov V.I. (USSR). Stend dlya ispytaniya rolikov konveyera. A.s. 659476 USSR, publ. 30.04.79, bul. № 16, 4 p.
7. Barsukov V.G., Induchnyy V.I., Gorlenko S.M., Izvekov V.A. (USSR). Stend dlya ispytaniya rolikov konveyera. A.s. 1021648 USSR, publ. 07.06.83, bul. № 21, 4 p.
8. Kupchinov B.I., Nemogay N.V. (USSR). Stend dlya ispytaniya rolikov lentochnogo konveyera. A.s. 636148 USSR, publ. 05.12.78, bul. № 45, 3 p.
9. Demurin A.S., Modin N.A., Yantovskiy L.I. (USSR). Stend dlya ispytaniya rolikov lentochnogo konveyera. A.s. 939355 USSR, publ. 30.06.82, bul. № 24, 5 p.
10. Ryabinin G.I., Yantovskiy L.I. (USSR). Stend dlya ispytaniya rolika konveyera. A.s. 952700 USSR, publ. 23.08.82, bul. № 31, 4 p.
11. Novikov E.E., Monastyrskiy V.F., Dyrdy V.I., Lisitsa N.I., Nenadkevich YU.P., Ryzhko P.S. (USSR). Stend dlya ispytaniya rolikov lentochnogo konveyera. A.s. 1097529 USSR, publ. 15.06.84, bul. № 22, 3 p.
12. Demurin A.S., Modin N.A., Yantovskiy L.I. (USSR). Stend dlya ispytaniya rolikov lentochnogo konveyera. A.s. 977318 USSR, publ. 30.11.82, bul. № 44, 4 p.
13. Kolesnichenko K.A., Omelchenko N.I., Golub V.M., Plisko L.N. (USSR). Ustroystvo dlya ispytaniya rolikov na prochnost. A.s. 615385 USSR, publ. 15.07.78, bul. № 26, 2 p.
14. Safronov E.V., Nosko A.L. Razrabotka ispytatelnogo oborudovaniya dlya issledovaniya rabotosposobnosti tormoznykh rolikov gravitatsionnykh konveyerov. Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii, 2017, № 4, pp. 151–159.
15. Sharifullin I.A., Safronov E.V., Nosko A.L., Potapov V.A. Stend dlya resursnykh ispytaniy tormoznykh rolikov gravitatsionnykh konveyerov // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. 2018. № 4–2 (330). pp. 161–167.
16. Modbus communication protocol. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Modbus> (appeal date: 05/18/2019).
17. Nosko A.L., Safronov E.V. Metodika opredeleniya maksimalno dopustimoy skorosti dvizheniya poddona na gravitatsionnom rolikovom konveyere. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Ser. Mashinostroyeniye, 2017, № 8, pp. 32–40.
18. Nosko A.L. Otsenka resursa friksionnoy nakladki tormoza GPM. Tribologiya – mashinostroyeniye. Trudy Vserossiyskoy nauchno–tekhnicheskoy konferentsii s uchastiyem inostrannykh spetsialistov. Moscow, 2014, p. 61.

Sharifullin Ildar Azatovich
Bauman Moscow State Technical
University, Moscow
Postgraduate of the Department
«Lifting and transport systems»
105005, Moscow, 2–ya Baumanskaya
ul., 5, str. 1
Ph.: (499) 263–63–91
E-mail: formyjob94@mail.ru

Nosko Andrey Leonidovich
Bauman Moscow State Technical
University, Moscow
Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department «Lifting
and Transport Systems»
105005, Moscow, 2–ya Baumanskaya
ul., 5, str. 1
Ph.: (499) 263–63–91
E-mail: dr.nosko@mail.ru

Safronov Evgeniy Viktorovich
Bauman Moscow State Technical
University, Moscow
Assistant of the Department «Lifting
and Transport Systems»
105005, Moscow, 2–ya Baumanskaya
ul., 5, str. 1
Ph.: (499) 263–63–91
E-mail: gen-s@mail.ru

УДК 621.923

А.В. НЕМЕНКО, М.М. НИКИТИН

УПРАВЛЕНИЕ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКОЙ КРИВОЛИНЕЙНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО КРИТЕРИЮ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО СООТВЕТСТВИЯ

Аннотация. В работе рассмотрена задача снижения доли бракованных изделий по критерию геометрического соответствия при финишной обработке криволинейных поверхностей. Процесс изменения показателя геометрического соответствия во времени рассмотрен как случайное блуждание с двумя поглощающими уровнями, соответствующими благоприятному и неблагоприятному исходам обработки. Для

его количественного описания используется марковский процесс с дискретным временем и непрерывными состояниями, соответствующими величине показателя. Вероятности перехода на следующем шаге для каждой из этих величин задаются функциями распределения, которые могут быть получены эмпирически.

Ключевые слова: финишная обработка, обработка шлифованием, стохастический процесс, случайное блуждание, шероховатость поверхности

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров В.Ф. Выбор абразивных инструментов и режимов для высокоэффективного шлифования заготовок/ В.Ф. Макаров – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2011. – 231 с.
2. Новосёлов Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке/ Ю.К. Новосёлов – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012. – 304 с.
3. Jackson M. Machining With Abrasives/ M. Jackson, M. Hitchiner, J. Davim – Springer, 2011 – 423 p.
4. Ширяев А.Н. Вероятность. 4-е изд., перераб. и доп. В 2-х т. Том 1. А.Н. Ширяев – М.: 2007. — 552 с.
5. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов/И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев – С-Пб: Лань, 2010. – 608 с.

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

Аспирант кафедры «Высшая математика»

299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33

Тел. +79788150316

E-mail: m.nikitin.1979@gmail.com

A.V. NEMENKO, M.M. NIKITIN

CONTROL OF CURVED SURFACE FINISHING BY THE CRITERION OF GEOMETRICAL ACCORDANCE

Abstract. *The paper deals with the problem of decreasing the yield of spoiled products according to the criterion of geometrical accordance when finishing of curved surfaces. The process of changing the index of geometrical accordance over time is considered as a random walk with two absorbing levels corresponding to favorable and unfavorable machining outcomes. For its quantitative description, a Markov process with discrete time and continuous states corresponding to the value of the index of concentrated defects is used. The transition probabilities in the next step for each of these values are given by distribution functions, which can be easily obtained empirically.*

Keywords: *finishing, grinding, stochastic process, random walk, surface cleanliness.*

BIBLIOGRAPHY

1. Makarov V.F. Vybora abrazivnyh instrumentov i rezhimov dlja vysokoeffektivnogo shlifovanija zagotovok/ V.F. Makarov – Perm: Permskij nacionalnyj issledovatel'skij politehnicheskij universitet, 2011. – 231 s.
2. Novosjolov Ju.K. Dinamika formoobrazovanija poverhnostej pri abrazivnoj obrabotke/ Ju.K. Novosjolov – Sevastopol: Izd-vo SevNTU, 2012. – 304 s.
3. Jackson M. Machining With Abrasives/ M. Jackson, M. Hitchiner, J. Davim – Springer, 2011 – 423 p.
4. Shirjaev A.N. Verojatnost. 4-e izd., pererab. idop. V 2-h t. Tom 1. – M.: 2007. — 552 s.
5. Bronshtejn I.N. Spravochnik pomatematike dlja inzhenerov i uchashhihsja vtuzov/I.N. Bronshtejn, K.A. Semendjaev – S-Pb: Lan, 2010. – 608 s.

Nemenko Alexandra Vasilevna

FSAEI HE Sevastopol State University, Sevastopol

Ph.D. in Tech Science, assistant professor of chair

«Technical Mechanics and Machine Science»

Nikitin Michael Mihaylovich

FSAEI HE Sevastopol State University, Sevastopol

Post-graduate student of chair «Higher Mathematics »

Universitetskaya st, 33, Sevastopol, Russian Federation,

Universitetskaya st, 33, Sevastopol, Russian Federation,
299053
Phone. +79788330519
E-mail: valesan@list.ru

299053
Phone +79788150316
E-mail: m.nikitin.1979@gmail.com

УДК 629.127.4

М.И. КАЛИНИН, Е.В. ПАШКОВ, П.К. СОПИН, Я.Н. ГАЙНУЛЛИНА

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОРСКОЙ ГЛУБОКОВОДНОЙ КАПСУЛЫ

Аннотация. В работе рассмотрены особенности решения технологических задач, направленных на создание специальных образцов глубоководного оборудования для обеспечения инновационных направлений исследований Мирового океана. Описаны новые технологические и конструкторско – компоновочные решения элементов подводного оборудования, способного эффективно работать на больших глубинах. Приводятся результаты экспериментальных исследований, проведенных в морских условиях с реальными параметрами эксплуатации.

Ключевые слова: глубоководные исследования, гидродинамика, кабель – тросовые системы, лобовое сопротивление, капсула.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугаенко Б.А., Магула В.Э. Специальные судовые устройства. Л.: Судостроение. – 1983. – С. 268.
2. Королев Е.В., Джамалов Р.Р. Аэродинамическое сопротивление плохобтекаемых тел. Вестник. – 2011. – НГИЭИ №1 (2) Том2. – С. 61 – 77.
3. Берто Г.О. Океанографические буи. Л.: Судостроение, 1979. – С. 216.
4. Бугаенко С.А. Гидроупругость конструкций при отрывном обтекании. Л.: Судостроение. – 1983. – С. 216.
5. Бугаенко Б.А. Динамика судовых спуско – подъемных операций. Киев. – 2004. – «Наукова думка». – С. 209.
6. Виноградов Н.И. и др. Привязные подводные системы. Прикладные задачи статики и динамики. СПб.: Изд – во СПб ун–та. – 2010. – С.141.
7. Егоров В.И. Подводные буксируемые системы. Л.: Судостроение. – 1981. – С. 304.
8. Маркович А.П. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. М.: Энергоатомиздат. – 1984. – С. 187.
9. Салтанов Н.В. Гибкие нити в потоках. Киев. – 1987 – «Наукова думка». – С.192
10. Горшков А.С. Натяжение и форма провисания гибкой весомой нити, движущейся с постоянной скоростью в жидкости. – Тр. ЛКИ. – «Теория корабля и гидромеханика». – Физика. – 1969. – С. 139 – 146.
11. Кувшинов Г.Е. и др. Об использовании амортизирующих и демпфирующих устройств при подъеме груза с большой глубины в условиях волнения моря. М.: Науч. Тр. «Фундаментальная и прикладная гидрофизика». – СПб.: Наука № 2 (8). – 2010. – С. 22 – 47.
12. Сухоруков А.Л. Теория подводных тросовых систем и ее инженерные приложения. М.: Физматлит. – 2017. – С. 272.

Калинин Михаил Иванович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Техническая механика и машиноведение»
г. Севастополь,
ул. Университетская, 33
тел. +7(8692) 435–161
e-mail: kalininsev@mail.ru

Пашков Евгений Валентинович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», доктор технических наук, профессор
кафедры «Приборные системы и автоматизация
технических процессов»
г. Севастополь,
ул. Университетская, 33
тел. +7(8692)550–077
e-mail: pashkov@sevsu.ru

Сопин Павел Константинович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Автомобильный транспорт»
г. Севастополь,
ул. Университетская, 33
тел. +7(8692) 543–570
e-mail: pavel.sopin@gmail.com

Гайнуллина Яна Николаевна

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
научный сотрудник лаборатории «Экспериментальные системы жизнеобеспечения биологических объектов»
г. Севастополь,
ул. Университетская, 33
тел. +7(8692) 545–023
e-mail: medeya-ru@yandex.ru

M.I. KALININ, E.V. PASHKOV, P.K. SOPIN, Y.N. GAINULLINA

FEATURES DESIGN AND MANUFACTURING TECHNOLOGY OF DEEP SEA CAPSULE

Abstract. *The paper discusses the features of solving technological problems aimed at creating special samples of deep-sea equipment to provide innovative areas of research of the world ocean. New technological and design – layout solutions of elements of the underwater equipment capable to work effectively at great depths are described. The results of experimental studies conducted in marine conditions with a real example of operation.*

Keywords: *deep-sea research, hydrodynamics, mooring rope system, the drag, the capsule.*

BIBLIOGRAPHY

1. Bygaenko B.A., Magyla V.E. Specialnie sydovie ystrojstva. L.: Sydstroenie. – 1983. – S. 268.
2. Korolev E.V., Dzamalov R.R. Aerodinamicheskoe soprtivlenie plohoobtekaemih tel./ Vestnik – 2011. – NGIEI №1 (2) Tom 2. – S. 61 – 77
3. Berto G.O. Okeonograficheskie byi L.: Sydstroenie, 1979. – S. 216.
4. Bygaenko B.A. Dinamika sydovih spysko – podemnih operaciy. Kiev. – 2004. – «Naykova dymka». – S. 209.
5. Bygaenko S.A. Gidroyprygost konsrykciy pri otrivnom obtekanii. L.: Sydstroenie. – 1983. –S. 216.
6. Vinogradov N.I. Privyaznie podvodnie sistemi. Prikladnie zadachi statiki i dinamiki. SPb.: Izd-vo SPb yn-ta – 2010. – S.141.
7. Egorov V.I. Podvonie byksiryemie sistemi L.: Sydstroenie. – 1981. –S. 304
8. Markovich A.P. Chislennie metody resheniya zadach teploobmena i dinamiki zidkosti. M.: Energoatomizdat. – 1984. – S. 187.
9. Saltanov N.B. Gibkie niti v potokah. Kiev. – 1987 – «Naykova dymka». – S.192.
10. Gorshkov A.S. Natyazenie i forma provisaniya gibkoy vesomoy niti, dvizyeshy s postoyannoy skorostj v zidkosti. – Tr. LKI. – «Teoriya korablya i gidromehanika». – Fizika. – 1969. – S. 139 – 146.
11. Kyvshinov G.E. i dr. Ob ispolzovanii amortiziryuschih i demfiryuschih ystroistv pri podeme gryza s bolshoy glybini v ysloviyah volneniya moray. M.: Naych. Tr. «Fyndamentalnaya I prikladnaya gidrofizika». – SPb.: Nayka № 2 (8). – 2010. – S. 22 – 47.
12. Syhorykov A.L. Teoriya podvodnih trosovih system i ej inzenernie prilozeniya. M.: Fizmatlit. – 2017. – S. 272.

Kalinin Mikhail Ivanovich

Sevastopol State University,
Candidate of Tehnical Sciences, Associate Professor of
the Department «Technical Mechanics and
Engineering», Sevastopol,
Str. University, 33,
tel. +7(8692) 435–161
e-mail: kalininsev@mail.ru

Pashkov Yevgeny Valentinovich

Sevastopol State University,
Doctor of Technical Sciences, Professor of the
Department «Instrument Systems and automation of
technical processes»
Sevastopol,
Str. University, 33,
tel. +7(8692) 550–007
e-mail: pashkov@sevsu.ru

Sopin Pavel Konstantinovich

Sevastopol State University,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of
the Department «Motor transport », Sevastopol,
Str. University, 33,
tel. +7(8692) 543–570
e-mail: pavel.sopin@gmail.com

Gainullina Yana Nikolaevna

Sevastopol State University,
Researcher of the laboratory "Experimental life support
systems of biological objects», Sevastopol,
Str. University, 33,
tel. +7(8692) 545–023
e-mail: medeya-ru@yandex.ru

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

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

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

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

- Структура статьи:

УДК:

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

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

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

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

Текст статьи:

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

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

Фамилия, имя, отчество;

учреждение или организация;

ученая степень, ученое звание, должность;

адрес;

телефон;

электронная почта.

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

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

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

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

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

Плата за опубликование статей не взимается.

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

Адрес издателя:

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

Адрес редакции:

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

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

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

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

Подписано в печать 12.07.2019 г.
Дата выхода в свет
Формат 60х88 1/8. Усл. печ. л. 12,813.
Цена свободная. Тираж 600 экз.
Заказ _____

Отпечатано с готового оригинал–макета