

ISSN 2073-7408

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

4 (348) 2021

Редколлегия

Главный редактор

Радченко С.Ю. д-р техн. наук, проф.

Заместители главного редактора:

Барсуков Г.В. д-р техн. наук, проф.

Гордон В.А. д-р техн. наук, проф.

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

Поляков Р.Н. д-р техн. наук, проф.

Шоркин В.С. д-р физ.-мат. наук, проф.

Члены редколлегии:

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

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

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)

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

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

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

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

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

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

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

Ответственный секретарь:

Тюхта А.В. канд. техн. наук

Адрес редакции

302030, 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 № ФС77-607029
от 30 августа 2016 года

Подписной индекс **29504**

по объединенному каталогу
«Пресса России»

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2021

Содержание

Колонка главного редактора

Приветственное слово ректора «Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева», к.э.н., доцента Александра Анатольевича Федотова..... 3

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

Секция «Механические и биомеханические системы»

Гайнуллина Я.Н., Калинин М.И., Полищев В.П., Пашков Е.В. Системный подход к проектированию и изготовлению мобильной баровакуумной камеры для исследований биологических объектов..... 4

Матвеев В.Т., Дологоя А.В., Очеретяный В.А. Замкнутые микрогазотурбинные двигатели с окислителем-воздухом в энергоустановках подводной техники..... 13

Дологоя А.В., Матвеев В.Т. Оптимизация степени регенерации для циклов газотурбинных установок с кожухотрубными регенераторами..... 19

Куковинцев О.С., Мударисова Р.Х., Вакульская А.А., Исаева А.Р. Технология получения новых биологически активных пектиновых материалов, модифицированных L - триптофаном..... 28

Бохонский А.И., Варминская Н.И., Мозолевская Т.В., Рыжков А.И. Алгоритм конструирования оптимального движения упругого объекта..... 33

Бурков Д.В., Буркова Е.В. Оценка экологического ущерба при организации традиционного теплоснабжения..... 39

Георгиевская Е.В., Георгиевский Н.В. Срок службы как параметр обобщенного узла при расчете индекса технического состояния энергетического оборудования..... 43

Гоголев Г.В. Особенности работы главных судовых двигателей на экономических ходах..... 51

Коваль К.А., Сухоруков А.Л. Исследование устойчивости движения и вынужденных колебаний составного плавникового движителя..... 59

Осипов К.Н. Оценка риска возникновения аварийных ситуаций в ходе эксплуатации поршневых двигателей внутреннего сгорания..... 66

Пахалюк В.И., Поляков А.М. Численный анализ гидродинамической смазки в паре трения из твердых материалов тотального эндопротеза тазобедренного сустава..... 77

Пахалюк В.И., Поляков А.М. Моделирование деформации полимерного вкладыша ацетабулярного компонента тазобедренного сустава при сопряжении с головкой..... 87

Секция «Технологии, материалы и инструменты»

Зимин В.Н., Крылов А.В., Кувыркин Г.Н., Шахвердов А.О. Привод из материала с эффектом памяти формы для раскрытия трансформируемой космической конструкции..... 97

Лавриненко В.Ю., Поляков А.О. Ресурсосберегающая технология изготовления кольцевых деталей методом сжатия..... 103

Леонтьев В.В., Коломийченко В.П. Численное моделирование волочения стальной проволоки..... 108

Леонтьев В.В., Кондратова Е.В. Моделирование контактного слоя при исследовании процесса волочения стальной проволоки..... 113

Лузгин Л.А., Газизов Х.Ш., Валиев Р.Ш. Напряженно-деформированное состояние осесимметричного инструмента..... 118

Мухамедзянова А.А., Шахметов У.Ш., Азагульдина Н.Х., Ихсанов И.А. Изменение физико-химических свойств нанокерамических композиций на основе пиррофиллит-содержащего сырья..... 124

Чемакина Т.Л., Симененко С.А. Пути совершенствования корпусообрабатывающего производства в цехах судостроительно-судоремонтного предприятия..... 131

Шарифуллин И.А., Носко А.Л., Сафронов Е.В., Кириллов Д.В. Исследование работы тормозных магнитных роликов гравитационных роликовых конвейеров..... 134

Денисов М.С. Разработка математической модели управляемого процесса литья с кристаллизацией под давлением..... 144

Куксенова Л.И., Пахомова С.А., Алексеева М.С., Козлов Д.А. Влияние азотирования на противозадирную стойкость конструкционных сталей при контактом взаимодействии..... 152

Неменко А.В., Никитин М.М. Оценка изменения структуры материала изделия при его механической обработке..... 164

Неменко А.В., Никитин М.М. Прогноз трещиностойкости изделия после механической обработки..... 170

Подвищев А.В., Дударев А.С. Применение программного обеспечения Deform для моделирования процесса сверления композиционных материалов на основе метода конечных элементов..... 175

Полищев В.П., Полищев В.В. Исследование технологии жидкостного дыхания методом погружения/всплытия биологического объекта в гидравлической камере с высоким давлением..... 183

Поляков С.А., Федоров Н.В., Шатульский А.А. Повышение надежности и эксплуатационных свойств деталей ГТД на основе гибридных технологий..... 190

Editorial Committee

Editor-in-chief

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

Editor-in-chief Assistants:

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

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

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

Polyakov R.N. Doc. Sc. Tech., Prof.

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

Member of editorial board:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Smolenzhev 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, 2021

Contents

Editor's Note

Greetings from the rector of Orel State University named after I.S. Turgenev, Ph.D., associate professor Alexander Anatolyevich Fedotov..... 3

Materials of the international scientific and technical conference

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

Section "Mechanical and Biomechanical Systems"

Gaynullina Ya.N., Kalinin M.I., Polivtsev V.P., Pashkov E.V. A systematic approach to the design and manufacture of a mobile barovacuum chamber for the study of biological objects.....	4
Matvienko V.T., Dologlonyan A.V., Ocheretyany V.A. Closed microgas turbine engines with oxidizer-air in underwater power plants.....	13
Dologlonyan A.V., Matvienko V.T. Optimization of regeneration ratio for cycles of gas turbine plants with shell-tube regenerators.....	19
Kukovinets O.S., Mudarisova R.Kh., Vakulskaia A.A., Isaeva A.R. Technology for obtaining new biologically active pectin materials modified with L-tryptofan.....	28
Bokhonsky A.I., Varminskaya N.I., Mozolevskaya T.V., Ryzhkov A.I. Algorithm for designing the elastic object optimal motion.....	33
Burkov D.V., Burkova E.V. Assessment of environmental damage in the organization conventional heat supply.....	39
Georgievskaya E.V., Georgievsky N.V. Lifetime as a parameter of a generalized node under assessment of technical condition index of power equipment.....	43
Gogolev G.V. Singularities of operation of main ships engines on economical modes.....	51
Koval K.A., Sukhorukov A.L. Analysis of stability of motion and forced oscillations of composite fin propulsion system.....	59
Osipov K.N. Risk assessment of emergency situations during operation of internal combustion piston engines.....	66
Pakhaliuk V.I., Poliakov A.M. Numerical analysis of hydrodynamic lubrication in friction pair from hard materials of a total hip joint replacement.....	77
Pakhaliuk V.I., Poliakov A.M. Modeling of deformation for the polymer acetabular liner during mating with the head of a total hip replacement.....	87

Section "Technologies, materials and tools"

Zimin V.N., Krylov A.V., Kuvyrkin G.N., Shakhverdov A.O. Actuator made of material with shape memory effect for deployment of transformable space structure.....	97
Lavrinenko V.Yu., Polyakov A.O. The resource-saving technology for manufacturing ring-type parts by the compression method.....	103
Leontyev V.V., Kolomyichenko V.P. Numerical simulation of steel wire drawing.....	108
Leontyev V.V., Kondratova E.V. Modeling of the contact layer in the study of the steel wire drawing process.....	113
Luzgin L.A., Gazizov H.Sh., Valiev R.Sh. Stress-strain state axisymmetrical die.....	118
Mukhamedzyanova A.A., Shayakhmetov U.Sh., Azaugildina N.Kh., Ikhsanov I.A. Changes in the physical and chemical properties of nanoceramic compositions based on pyrophyllite-containing raw materials.....	124
Chemakina T.L., Semenenko S.A. Development of the optimal layout of the equipment in the divisions of the body-processing shop.....	131
Sharifullin I.A., Nosko A.L., Safronov E.V., Kirillov D.V. Research of the operation of magnetic brake rollers of gravity roller conveyors.....	134
Denisov M.S. Development of a mathematical model of a controlled injection molding process with crystallization under pressure.....	144
Kuksenova L.I., Pakhomova S.A., Alekseeva M.S., Kozlov D.A. Influence of nitriding on seizure resistance of structural steels during contact interaction.....	152
Nemenko A.V., Nikitin M.M. Evaluation of product structure transformation while machining.....	164
Nemenko A.V., Nikitin M.M. Forecast of detail crack strength after its machining.....	170
Podvintsev A.V., Dudarev A.S. Application of the deform software for modeling the drilling process of composite materials based on the finite element method.....	175
Polivtsev V.P., Polivtsev V.V. Research of liquid respiration technology by the method of immersion/ascent of a biological object in a hydraulic chamber with high pressure.....	183
Polyakov S.A., Fedorov N.V., Shatulsky A.A. Improving the processes of incoming control of metal powder composition, synthesis and heat treatment of the Co-Cr-Mo alloy for use in gas turbine engine units.....	190

Колонка главного редактора

Уважаемые читатели и авторы журнала! Уже седьмой год наш журнал предоставляет свои страницы для публикации статей, написанных по материалам проходящей на базе Федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Севастопольский государственный университет» авторитетной международной научно-технической конференции «Динамика, надежность и долговечность механических и биомеханических систем». Для представления очередной конференции и поздравления ее участников предоставляем слово ректору одного из ее официальных организаторов, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», кандидату экономических наук, доценту, PhD, почетному работнику сферы образования Российской Федерации, почетному работнику науки и высшей школы Орловской области Александру Анатольевичу Федотову.

Уважаемые друзья и коллеги, участники XVIII Международной научно-технической конференции «Динамика, надежность и долговечность механических и биомеханических систем»!

Я сердечно рад приветствовать Вас на очередной международной конференции. Несмотря на все трудности коронвирусного периода, политических и экономических обострений, приятно отметить, что научная мысль не подвержена никаким биологическим, политическим или экономическим влияниям, ее невозможно остановить или даже замедлить. Тематика настоящей конференции является, безусловно, актуальной и нужной.



Технологии, материалы и инструменты в машиностроении всегда были, есть и будут основой и базой любых производств, без них невозможен никакой технический и технологический прогресс в мире и стране. Российские школы технологов широко известны не только в нашей стране, но и за рубежом, в последние годы они активно развиваются и показывают интересные новые научные и практические результаты. Очень хорошо, что на настоящей конференции многие из них нашли свое достойное место и представили результаты своих исследований.

Секция «Механические и биомеханические системы» также весьма актуальна, особый интерес представляют биомеханические системы, которые разрабатываются на стыке технических и биологических наук. Новые материалы и конструкции, в частности, для медицины, всегда в приоритете, а вопросы их надежности и долговечности в прямом смысле являются вопросами жизни для миллионов людей.

Еще раз поздравляю участников конференции и желаю Вам интересной и плодотворной работы!

СЕКЦИЯ «МЕХАНИЧЕСКИЕ И БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»

УДК 629.127.43

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-4-12

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

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ИЗГОТОВЛЕНИЮ МОБИЛЬНОЙ БАРОВАКУУМНОЙ КАМЕРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация. В работе рассмотрены практические приемы решения ряда специфических задач по проектированию, изготовлению и комплексному испытанию мобильной баровакуумной камеры, выполненной с возможностью визуального наблюдения и аппаратного мониторинга длительных экспериментальных исследований лабораторных растений и биологических объектов.

Ключевые слова: гипербария, оксигенация, вакуум, технологическое быстроедействие, баровакуумная камера, биообъекты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дитрих Я. Проектирование и конструирование: Системный подход – Москва: Мир, 1981. – 454 с.
2. Шуп Т. Решение инженерных задач. Практическое руководство – Москва: Мир, 1982. – 235 с.
3. Вайнберг Д.В. Концентрация напряжений в пластинах около отверстий и выкружек. Справочное пособие – Киев: Техника, 1969. – 220 с.
4. Дмитриев А.Н. Проектирование подводных аппаратов – Ленинград: Судостроение, 1968. – 238 с.
5. Соколовский В.В. Теория пластичности – Москва: Техническая литература, 1950. – 394 с.
6. Лихтарников Я.М., Клыков В.М., Ладыженский Д.В. Расчет стальных конструкций. Справочное пособие – Киев: Строитель, 1976. – 342 с.
7. ГОСТ 25.506 – 85 Расчёты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении – Москва: Издательство Стандартов, 1987. – 37с.
8. Ключев В.В. Испытательная техника. Справочник в 2-х томах – Москва: Машиностроение, 1982. – 238 с.
9. Качанов Л.М. Основы механики разрушения – Москва: Наука, 1974. – 307 с.
10. Лебедев А.А. Механические свойства конструкционных материалов при сложном напряженном состоянии. Справочник – Киев: Наукова думка, 1983. – 366 с.
11. Колтунов М.А. Прочностные расчеты изделий из полимерных материалов – Москва: Машиностроение, 1983. – 239 с.
12. Образцов И.Ф. Проблемы прочности в биомеханике – Москва: Высшая школа, 1988. – 311с.
13. Кочаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени – Москва: Машиностроение, 1977. – 232 с.
14. Кенни Д. Техника освоения морских глубин – Ленинград: Судостроение, 1977. – 311 с.
15. Ричардс Ф. Физико – химические и биологические факторы морской среды. Освоение глубин океана – Москва: Министерство обороны СССР, 1971. – 49с.
16. Ханли У. Технические системы для производства глубоководных работ – Москва: Министерство обороны СССР, 1971. – 157 с.
17. Ла Кью Ф. Биологическая коррозия – Москва: Министерство обороны СССР, 1971. – 259 с.
18. Стэчив Д. Проведение испытаний в гипербарических камерах – Москва: Министерство обороны СССР, 1971. – 312 с.
19. Белецкий В.В., Левин Е.М. Динамика космических тросовых систем – Москва: Наука, 1950. – 337 с.
20. Баранцев Р.Г. Взаимодействие разреженных газов с обтекаемыми поверхностями – Москва: Наука, 1975. – 351 с.
21. Вильке В.Г. Аналитические и качественные методы в динамике систем с бесконечным числом степеней свободы – Москва: МГУ, 1986. – 351 с.

Гайнуллина Яна Николаевна

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

Калинин Михаил Иванович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
кандидат технических наук, доцент, руководитель группы
лаборатории «Экспериментальные системы жизнеобеспечения биологических объектов»
г. Севастополь, ул. Университетская, 33
тел. +7(8692) 545-023
e-mail: kalininsev@mail.ru

Поливцев Виктор Петрович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
кандидат технических наук, заведующий
лабораторией «Экспериментальные системы жизнеобеспечения биологических объектов»
г. Севастополь, ул. Университетская, 33
тел. +7(8692) 545-023
e-mail: polivcev.viktor@yandex.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

Ya.N. GAYNULLINA, M.I. KALININ, V.P. POLIVTSEV, E.V. PASHKOV

**A SYSTEMATIC APPROACH TO THE DESIGN AND MANUFACTURE
OF A MOBILE BAROVACUUM CHAMBER
FOR THE STUDY OF BIOLOGICAL OBJECTS**

Abstract. *The paper considers practical methods for solving a number of specific problems in the design, manufacture and complex testing of a mobile barovaccum chamber, made with the possibility of visual observation and hardware monitoring of long-term experimental studies of laboratory plants and biological objects.*

Keywords: *hyperborea, oxygenation, vacuum, technological speed, steam-vacuum chamber, biological objects.*

BIBLIOGRAPHY

1. Ditrih Ya. Proektirovanie i konstruirovaniye: Sistemniy podhod – Moskva: Mir, 1981. – 454 s.
2. Shup T. Reshenie inzhenernih zadach. Prakticheskoe rykovodstvo – Moskva: Mir, 1982. – 235 s.
3. Vaynberg D.V. Koncentraciya napryazheniy v plastinakh okolo otverstiy i vikryezek. Spravochnoe posobie – Kiev: Tehnika, 1969. – 220 s.
4. Dmitriev A.N. Proektirovanie podvonih apparatov – Leningrad: Sydstroenie, 1968. – 238 s.
5. Sokolovskiy V.V. Teoriya plastichnosti – Moskva: Tehnicheskaya literatyra, 1950. – 394 s.
6. Lihtarnikov Ya. M., Klikov V.M., Ladizenskiy D.V. Raschet stslnih konstruykciy. Spravochnoe posobie – Kiev: Stroitel, 1976. – 342 s.
7. GOST 25.506 – 85 Rascheti i ispysaniye na prochnost. Metodi mekhanicheskikh ispysaniy metallov. Opredelenie harakteristik treshinostoykosti (vyazkosti razrysheniya) pri staticheskom nagryzenii – Moskva: Izdatelstvo Standartov, 1987. – 37s.
8. Kluev V.V. Ispitatelnaya tehnika, Spravochnik v 2 – h tomah – Moskva: Mashinostroenie, 1982. – 238s.
9. Kachanov L.M. Osnovi mekhaniki pazpysheniya – Moskva: Nayka, 1974. – 307 s.
10. Lebedev A.A. Mekhanicheskie svoystva konstruykcionnih materialov pri sloznom napryazennom sostoyanii. Spravochnik – Kiev: Naykova Dymka, 1983. – 366 s.
11. Koltynov M.A. Prochnostnie rascheti izdiliy iz polimernih materialov – Moskva: Mashinostroenie, 1983. – 239 s.
12. Obratcov I.F. Problemi prochnosti v biomekhanike – Moskva: Vishaya shkola, 1988. – 311 s.
13. Kochaev V.P. Rascheti na prochnost pri napryazeniayah peremennih vo vremeni – Moskva: Mashinostroenie, 1977. – 232 s.
14. Kenni D. Tehnika osvoiniya morskikh glybin – Leningrad: Sydstroenie, 1977. – 311 s.
15. Richards F. Fiziko – himicheskie i biologicheskie faktori morskoy sredi. Osvoinie glybin okeana – Moskva: Ministertvo oboroni SSSR, 1971. – 49 s.
16. Hanli U. Tehnicheskie sistemi dlya proizvpdstva glybokovodnih rabot – Moskva: Ministerstvo oboroni SSSR, 1971. – 157 s.
17. La Ku F. Biologicheskaya korrozziya – Moskva: Ministerstvo oboroni SSSR, 1971. – 259 s.
18. Stechiv D. Provedenie – Moskva: Ministerstvo oboroni SSSR, 1971. – 312 s.
19. Beleckiy V.V., Levin E.M. Dinamika kosmicheskikh trosovih system – Moskva: Nayka, 1950. – 337 s.
20. Barancev R.G. Vzaimodeystvie razrezennih gazov s obtekaemimim poverhnostyami – Moskva: Nayka, 1975. – 351 s.

21. Vilke V.G. Analiticheskie i kachestvennye metody v dinamike system s beskonechnim chislom stepeney svobody – Moskva: MGY, 1986. – 351 s.

Gaynullina Yana Nikolaevna

Sevastopol State University,
Head of the Laboratory Group "Experimental Life Support Systems for Biological Objects"
Sevastopol, Str. University, 33,
tel. +7(8692) 545-023
e-mail: medeya-ru@yandex.ru

Kalinin Mikhail Ivanovich

Sevastopol State University,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the laboratory group " Experimental Life Support Systems for Biological Objects»Sevastopol, Str. University, 33,
tel. +7(8692) 545-023
e-mail: kalininsev@mail.ru

Polivtsev Viktor Petrovich

Sevastopol State University, Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory " Experimental life Support systems for Biological Objects»,
Sevastopol, Str. University, 33,
tel. +7(8692) 545-023
e-mail: polivtsev.viktor@yandex.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

УДК 621.438

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-13-18

В.Т. МАТВЕЕНКО, А.В. ДОЛОГЛОНЯН, В.А. ОЧЕРЕТЯНЫЙ

ЗАМКНУТЫЕ МИКРОГАЗОТУРБИННЫЕ ДВИГАТЕЛИ С ОКИСЛИТЕЛЕМ-ВОЗДУХОМ В ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ ПОДВОДНОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация. В условиях Арктики при освоении месторождений шельфа морей и океанов существенная роль отводится подводной технике, которая должна обладать как достаточной энерговооруженностью, так и возможностью длительное время работать в отрыве от мест постоянного базирования. Среди различных типов энергоустановок для этих целей представляют интерес замкнутые микрогазотурбинные установки (ЗМГТУ), обладающие высокой удельной мощностью.

В работе проведен анализ характеристик рабочих циклов различных схем ЗМГТУ и в качестве базовой выбрана ЗМГТУ с регенерацией теплоты, как более экономичная по сравнению с ЗМГТУ простого цикла и способная работать по одноконтурной схеме на органическом топливе с использованием воздуха в качестве окислителя.

В качестве рабочего тела двигателя используется смесь азота, продуктов сгорания топлива и кислорода. Излишки рабочего удаляются из цикла компрессором за борт.

Предложено дальнейшее повышение экономичности простого цикла путем глубокой утилизации теплоты выхлопных газов в турбокомпрессорном утилизаторе (ТКУ), состоящем из турбины перерасширения, приводящей дожимающий компрессор и регенератора с охладителем газа, расположенных между ними.

Установлено, что экономичность ЗМГТУ с ТКУ и регенерацией теплоты выше по сравнению с базовой ЗМГТУ с регенерацией в 1,15...1,25 раза, а удельная мощность возрастает в 1,3...1,5 раза при оптимальной степени повышения давления в компрессоре двигателя.

Ключевые слова: замкнутая газотурбинная установка, микротурбина, регенерация теплоты, турбина перерасширения, турбокомпрессорный утилизатор

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-08-00469

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернышев Е.А. Развитие воздухонезависимых энергетических установок подводных лодок / Е.А. Чернышев, Е.А. Романова, А.Д. Романов // Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова – 2015. – № 5(33) – С. 140-152.
2. Замуков В.В. Выбор воздухонезависимой энергоустановки неатомных подводных лодок / В.В. Замуков, Д.В. Сидоренков // Судостроение. – 2012. – № 4 – С. 29-33.
3. Commander J G Hawley, Lieutenant & Commander S J Ashcroft, Lieutenant & Commander M A Patrick, Lieutenant. (1994). Advanced underwater power systems. Proc IME J Power Energ. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy. 208. 37-45. 10.1243/PIME_PROC_1994_208_007_02.
4. L. van Biert, M. Godjevac, K. Visser, P.V. Aravind, A review of fuel cell systems for maritime applications, Journal of Power Sources, Volume 327, 2016, Pages 345-364,
5. Матвеев В.Т. Характеристики рабочих процессов воздухонезависимых одноконтурных микрогазотурбинных установок для подводной техники / В.Т. Матвеев, В.А. Очеретяный, А.В. Дологлонян // Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова – 2018. – № 3(43) – С. 612-618.

6. Матвеев В.Т. Параметры рабочего тела замкнутых микрогазотурбинных установок с окислителем воздухом / В.Т. Матвеев, А.В. Дологлонян, В.А. Очеретяный // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2019. – № 5 (337). – С. 82-88.
7. Матвеев В.Т. Глубокая утилизация теплоты в газотурбинных двигателях с турбиной перерасширения / В.Т. Матвеев // Промышленная теплотехника. – 1997. – Т. 19. – № 4-5. – С. 81-85.
8. Bianchi M.A. Feasibility Study of Inverted Brayton Cycle for Gas Turbines Repowering/ M. Bianchi, G. Negridi Montenegro, A. Heretto, P.R. Spina// Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. — 2005. — Vol.127.— Is.3. —Pp.599—605.
9. Matviienko V. Variable regimes operation of cogenerative gas -turbine engines with overexpansion turbine/ V. Matviienko, V. Ocheretianiy// Prococoligs of ASME Turbo Expo 2010: Power of Land, Sea and Air GT2010, June 14-18, 2010, Glasgow, UK, GT2010-22029.
10. Matviienko V. Gas Turbine Plant with Overexpansion Turbine and Heat Regeneration in the Ship Propulsion Complex / V. Matviienko, O. Andriets, V. Ochretianjy // Proceedings of ASME Turbo Expo 2014: June 16-20, 2014, Dusseldorf, Germany.
11. Matviienko V. Working Process Control in a Ship Gas Turbine Engine of Complex Cycle / V/ Matviienko, V. Ocheretianiy // Prococoling of ASME Turbo Expo 2016: June 13-17, 2016, Seoul, South Korea.
12. Патент на полезную модель 188226 Российская Федерация, МПК F02C1/10. Замкнутая газотурбинная воздуонезависимая установка для подводной несущей платформы / В.Т. Матвеев, А.В. Дологлонян, В.А. Очеретяный: заявитель и патентообладатель ФГБНУ «Институт природно-технических систем», – № 2018131778, заяв. 03.09.2018; опубл. 03.04.2019, Бюл. № 10.
13. Арбеков А.Н. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок / А.Н. Арбеков, А.Ю. Варакин, Э.А. Мнушин, В.Е и др. – М. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 678 с.
14. Vick, Michael & Young, Trent & Kelly, Matthew & Tuttle, Steven & Hinnant, Katherine. (2016). A Simple Recuperated Ceramic Microturbine: Design Concept, Cycle Analysis, and Recuperator Component Prototype Tests. V008T23A030. 10.1115/GT2016-57780.

Матвеев Валерий Тимофеевич
Черноморское высшее военно-морское ордена Красной Звезды училище имени П.С. Нахимова, РФ, г. Севастополь, ул. Дыбенко Павла 1, корп. А
Доктор технических наук, профессор
E-mail: mvt3900@mail.ru

Дологлонян Андрей Варгазарович
ФГБНУ «Институт природно-технических систем», РФ, г. Севастополь, ул. Ленина, 28
Кандидат технических наук, заведующий лабораторией, старший научный сотрудник
E-mail: dologlonyan@hotmail.com

Очеретяный Владимир Анатольевич
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», РФ, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: ocheret-1961@rambler.ru

V.T. MATVIIENKO, A.V. DOLOGLONYAN, V.A. OCHERETYANY

CLOSED MICROGAS TURBINE ENGINES WITH OXIDIZER-AIR IN UNDERWATER POWER PLANTS

Abstract. Under the conditions of the Arctic, in the development of deposits on the shelf of the seas and oceans, a significant role is assigned to underwater equipment, which must have both sufficient power supply and the ability to work for a long time in isolation from the places of permanent deployment. Among the various types of power plants for these purposes, closed micro-gas turbine plants (CMGTP) with a high specific power are of interest.

The paper analyzes the characteristics of the operating cycles of various CMGTP schemes, and CMGTP with heat recovery was chosen as the base one, as it is more economical compared to a simple cycle CMGTP and capable of operating in a single-circuit scheme on organic fuel using air as an oxidizer.

A mixture of nitrogen, fuel combustion products and oxygen are used as a working medium of the engine. The surplus working medium is removed from the cycle by the compressor overboard.

A further increase in the efficiency of a simple cycle by deep utilization of the heat of exhaust gases in a turbocompressor utilizer (TCU) consisting of an overexpansion turbine driving a booster compressor and a regenerator with a gas cooler located between them is proposed.

It has been established that the efficiency of CMGTP with TCU and heat regeneration is 1.15... 1.25 times higher than that of the base CMGTP with regeneration, and the specific power increases 1.3... 1.5 times with the optimal compressor pressure ratio in the engine.

Keywords: closed-circuit gas turbine plant, microturbine, heat regeneration, overexpansion turbine, turbocompressor utilizer.

BIBLIOGRAPHY

1. CHernyshev E.A. Razvitie vozduhonezavisimyh energeticheskikh ustanovok podvodnykh lodok / E.A. CHernyshev, E.A. Romanova, A.D. Romanov // Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. adm. S.O. Makarova 5(33) (2015): 140-152.
2. Zamukov V.V. Vybore vozduhonezavisimoy energoustanki neatomnykh podvodnykh lodok / V.V. Zamukov, D.V. Sidorenkov // Sudostroenie 4 (2012): 29-33.

3. Commander J G Hawley, Lieutenant & Commander S J Ashcroft, Lieutenant & Commander M A Patrick, Lieutenant. (1994). Advanced underwater power systems. Proc IME J Power Energ. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy. 208. 37-45. 10.1243/PIME_PROC_1994_208_007_02.
4. L. van Biert, M. Godjevac, K. Visser, P.V. Aravind, A review of fuel cell systems for maritime applications, Journal of Power Sources, Volume 327, 2016, Pages 345-364,
5. Matveenko V.T. Characteristics of the working processes of air-independent single-circuit micro-gas turbine plants for underwater equipment / V.T. Matveenko, V.A. Ocheretyanyj, A.V. Dologlonyan // Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. adm. S.O. Makarova – 2018. – № 3(43) – S. 612-618.
6. Matveenko V.T. Working fluid parameters of closed micro-gas turbine plants with air oxidizer / V.T. Matveenko, A.V. Dologlonyan, V.A. Ocheretyanyj // Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. – Orel: OGU im. I.S. Turgeneva 5 (337) (2019): 82-88.
7. Matveenko V.T. Glubokaya utilizaciya teploty v gazoturbinnih dvigatelyah s turbinoj pererasshireniya / V.T. Matveenko // Promyshlennaya teplotekhnika 4-5(19) (1997): 81-85.
8. Bianchi M.A. Feasibility Study of Inverted Brayton Cycle for Gas Turbines Repowering/ M. Bianchi, G. Negridi Montenegro, A. Heretto, P.R. Spina// Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. — 2005. — Vol.127.— Is.3. —Pp.599—605.
9. Matviinko V. Variable regimes operation of cogenerative gas -turbine engines with overexpansion turbine/ V. Matviinko, V. Ocheretianiy// Procecoligs of ASME Turbo Expo 2010: Power of Land, Sea and Air GT2010, June 14-18, 2010, Glasgow, UK, GT2010-22029.
10. Matviienko V. Gas Turbine Plant with Overexpansion Turbine and Heat Regeneration in the Ship Propulsion Complex / V. Matviienko, O. Andriets, V. Ochretianijy // Proceedings of ASME Turbo Expo 2014: June 16-20, 2014, Dusseldorf, Germany.
11. Matviienko V. Working Process Control in a Ship Gas Turbine Engine of Complex Cycle / V/ Matviienko, V. Ocheretianiy // Procecoling of ASME Turbo Expo 2016: June 13-17, 2016, Seoul, South Korea.
12. Patent na poleznuyu model 188226 Rossijskaya Federaciya, MPK F02C1/10. Zamknutaya gazoturbinnaya vozduhonezavisimaya ustanovka dlya podvodnoj nesushchej platformy / V.T. Matveenko, A.V. Dologlonyan, V.A. Ocheretyanyj: zayavitel i patentoobladatel FGBNU «Institut prirodno-tehnicheskikh sistem», – № 2018131778, zayav. 03.09.2018; opubl. 03.04.2019, Byul. № 10.
13. Arbekov A.N. Teoriya i proektirovanie gazoturbinnih i kombinirovannyh ustanovok / A.N. Arbekov, A.YU. Varaksin, E.A. Mnushin, V.E i dr. – M. Izdatelstvo MGTU im. N.E. Baumana, 2017.
14. Vick, Michael & Young, Trent & Kelly, Matthew & Tuttle, Steven & Hinnant, Katherine. (2016). A Simple Recuperated Ceramic Microturbine: Design Concept, Cycle Analysis, and Recuperator Component Prototype Tests. V008T23A030. 10.1115/GT2016-57780.

Matviienko Valerii Timofeevich
Federal State Higher Military
Educational Establishment
«Nakhimov Black Sea Naval
School», RF, Sevastopol, 1-A,
Dybenko Pavla Str.
Doctor of Technical Sciences,
Professor
E-mail: mvt3900@mail.ru

Dologlonyan Andrey Vartazarovich
FSBSI “Institute of nature and
technical systems”, RF, Sevastopol, 28,
Lenina Str.
Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher
E-mail: dologlonyan@hotmail.com

Ocheretyanyi Vladimir Anatolyevich
Sevastopol State University, RF,
Sevastopol, 33, Universitetskaya Str.,
Candidate of Technical Sciences,
professor assistant
E-mail: ocheret-1961@rambler.ru

УДК 621.438

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-19-27

А.В. ДОЛОГЛОНЯН, В.Т. МАТВЕЕНКО

ОПТИМИЗАЦИЯ СТЕПЕНИ РЕГЕНЕРАЦИИ ДЛЯ ЦИКЛОВ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК С КОЖУХОТРУБНЫМИ РЕГЕНЕРАТОРАМИ

Аннотация. Предметом рассмотрения в статье является математическая модель коэффициентов восстановления давления регенераторов газотурбинных установок (ГТУ), которая учитывает зависимость гидравлического сопротивления теплообменного аппарата от площади его поверхности и коэффициента компактности. Проведена оптимизация регенеративного цикла ГТУ и цикла с турбокомпрессорным утилизатором и регенерацией с целью дальнейшего повышения их экономичности. Установлено, что использование предложенной модели коэффициентов восстановления давления по воздушной и газовой стороне позволяет найти оптимальную с теплотехнической точки зрения степень регенерации. Эта модель может быть использована при упрощенных и предварительных расчетах ГТУ.

Ключевые слова: коэффициент восстановления давления, газотурбинная установка, кожухотрубный регенератор, регенерация теплоты, турбина перерасширения, турбокомпрессорный утилизатор.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного объекта № 19-08-00469.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горюнова И. Ю. Регенераторы ГТУ: учебно-методическое пособие / И. Ю. Горюнова, И. Д. Ларионов – Екатеринбург: Изд.-во Урал. ун-та, 2017. – 80 с.
2. Абианц В.Х. Теория авиационных газовых турбин. М.: Государственное издательство оборонной промышленности. – 1953. 216 с.
3. Аронсон К.Э. Теплообменники энергетических установок / К.Э. Аронсон, С.Н. Блинков, В.И. Брезгин и др.// Екатеринбург: Издательство УрФУ, 2015. – Электронный формат: html. Объем: 733 Mb
4. Матвеев В.Т. Глубокая утилизация теплоты в газотурбинных двигателях с турбиной перерасширения / В.Т. Матвеев // Промышленная теплотехника. – 1997. – Т. 19. – № 4-5. – С. 81-85.
5. Bianchi M.A. Feasibility Study of Inverted Brayton Cycle for Gas Turbines Repowering/ M. Bianchi, G. Negridi Montenegro, A. Heretto, P.R. Spina// Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. – 2005. – Vol.127 – Is.3. – Pp.599-605.
6. Арбеков А.Н. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок / А. Н. Арбеков, [и др.]. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 678 с.
7. Арсеньев Л.В. Стационарные газотурбинные установки / Л.В. Арсеньев, [и др.]. – Л.: Машиностроение, 1989. – 543 с.
8. Дологлонян А.В. Оптимизация степени регенерации для циклов микрогазотурбинных установок / А.В. Дологлонян, В.Т. Матвеев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2020. – № 3 (341). – С. 59-66.

Дологлонян Андрей Вартазарович
ФГБНУ «Институт природно-технических систем»
Кандидат технических наук, зав. Лабораторией,
ФГАОУВО «Севастопольский государственный
университет», доцент,
Российская Федерация, г. Севастополь
E-mail: dologlonyan@hotmail.com

Матвеев Валерий Тимофеевич
ФГБНУ «Институт природно-технических систем»,
Доктор технических наук, профессор,
Российская Федерация, г. Севастополь
E-mail: mvt3900@mail.ru

A.V. DOLOGLONYAN, V.T. MATVIENKO

OPTIMIZATION OF REGENERATION RATIO FOR CYCLES OF GAS TURBINE PLANTS WITH SHELL-TUBE REGENERATORS

Abstract. The subject of consideration in the article is a mathematical model of the pressure recovery factors of gas turbine plants (GTP) regenerators, which takes into account the dependence of the hydraulic resistance of the heat exchanger on its surface area and the coefficient of compactness. Optimization of the GTP regenerative cycle and the cycle with a turbocompressor utilizer and regeneration was carried out in order to further increase their efficiency. It has been established that the use of the proposed model of the pressure recovery factors for the air and gas sides makes it possible to find the regeneration ratio that is optimal from a thermal engineering point of view. This model can be used for simplified and preliminary calculations of the GTP.

Keywords: pressure recovery factor, gas turbine plant, shell-tube regenerator, warmth regeneration, overexpansion turbine, turbocompressor utilizer.

BIBLIOGRAPHY

1. Goryunova I. YU. Regeneratory GTU: uchebno-metodicheskoe posobie / I. YU. Goryunova, I. D. Larionov – Ekaterinburg: Izd.-vo Ural. un-ta, 2017. – 80 s.
2. Abianc V.H. Teoriya aviacionnyh gazovyh turbin. M.: Gosudarstvennoe izdatelstvo oboronnoj promyshlennosti. – 1953. 216 s.
3. Aronson K.E. Teploobmenniki energeticheskikh ustanovok / K.E. Aronson, S.N. Blinkov, V.I. Brezgin i dr.// Ekaterinburg: Izdatelstvo UrFU, 2015. – Elektronnyj format: html. Ob'em: 733 Mb
4. Matveenko V.T. Glubokaya utilizaciya teploty v gazoturbinnnyh dvigatelyah s turbinoj pererasshi-reniya / V.T. Matveenko // Promyshlennaya teplotekhnika. – 1997. – Т. 19. – № 4-5. – S. 81-85.
5. Bianchi M.A. Feasibility Study of Inverted Brayton Cycle for Gas Turbines Repowering/ M. Bianchi, G. Negridi Montenegro, A. Heretto, P.R. Spina// Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. — 2005. — Vol.127.- Is.3. — Pp.599—605.
6. Arbekov A.N. Teoriya i proektirovanie gazoturbinnnyh i kombinirovannyh ustanovok / A.N. Arbekov, A.YU. Varaksin, E.A. Mnushin, V.E i dr. – M. Izdatelstvo MGTU im. N.E. Bauman, 2017. – 678 s.
7. Arsenev L.V. Stacionarnye gazoturbinnnye ustanovki / L.V. Arsenev, [i dr.]. – L.: Mashinostroenie, 1989. –

543 с.

8. Dologlonyan A.V. Optimizaciya stepeni regeneracii dlya ciklov mikrogazoturbinnih ustanovok / A.V. Dologlonyan, V.T. Matveenkov // Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. – Orel: OGU im. I.S. Turgenyeva, 2020. – № 3 (341). – S. 59-66.

Dologlonyan Andrey Vartazarovich

FSBSI Institute of nature and technical systems,
Candidate of Technical Sciences, Chief of Laboratory,
FSEIHE «Sevastopol State University», Professor Assistant,
Russian Federation, Sevastopol
E-mail: dologlonyan@hotmail.com

Matvienko Valerii Timofeevich

FSBSI Institute of nature and technical systems,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Russian Federation, Sevastopol
E-mail: mvt3900@mail.ru

УДК 547.458.88

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-28-32

О.С. КУКОВИНЕЦ, Р.Х. МУДАРИСОВА, А.А. ВАКУЛЬСКАЯ, А.Р. ИСАЕВА

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПЕКТИНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ L - ТРИПТОФАНОМ

Аннотация. На основе яблочного пектина, модифицированного аминокислотой - L-триптофаном, получены новые полимерные комплексы меди (II). Спектрофотометрическими методами определена стехиометрия образующихся комплексов, а также рассчитаны константы устойчивости и стандартные термодинамические характеристики (ΔH° ; ΔG° ; ΔS°) процесса комплексообразования. Установлено, что при взаимодействии пектина, модифицированного аминокислотой с катионами Cu (II) образуются энтропийно - энтальпийно стабилизированные металлокомплексные соединения. ИК – спектральным методом показано, что в координационном взаимодействии катионов меди (II) с пектином, модифицированным триптофаном участвуют не только карбоксильные группы, но и гидроксильные функции полимерной матрицы. Полученные полимерные металлокомплексы в перспективе могут быть предложены для получения препаратов нового поколения, обладающих помимо специфических свойств, введенной в полисахарид аминокислоты, также мембранотропными, иммуномодулирующими свойствами и пролонгированным действием.

Ключевые слова: пектин, L-триптофан, комплексообразование, константа устойчивости.

Статья подготовлена в рамках выполнения программы ФНИ государственных академий на 2013-2020 гг. Гос.задание № АААА-А20-120012090024-5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фридман Я.Д. Координационные соединения металлов с биолигандами / Фридман Я.Д. - Фрунзе.: Илим, 1987 - 97 с.
2. Ташмухамедов Р.И. Синтез и свойства комплексов металлов переходного ряда и полимеров с аминокислотными остатками / Р.И. Ташмухамедов, В.А. Ли, Р.И. Мусин, С.Ш. Рашидова, Р.Т. Туляганов, М.И. Штильман // Хим.-фарм.журнал.-1989.-№ 12. - С.1447-1450.
3. Thakur B.R. Chemistry and uses of pectin-a review/ B.R. Thakur, R.K. Singh, A.K. Handa // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. - 1997. - Vol. 37. – P. 47–73.
4. Sriamornsak P. Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: A review / P. Sriamornsak // Silpakorn University International Journal. - 2003. - Vol. 3. - P. 206–228.
5. Кайшева Н.Ш. Фармакохимические основы применения пектинов и альгинатов / Н.Ш. Кайшева, А.Ш. Кайшев. - Пятигорск: РИА-КМВ, 2016 - 260 с.
6. Хазова О.А. Аминокислоты / О.А. Хазова. - Москва.: Предтеча, 2010. - 64 с.
7. Baskaran S. Synthesis, crystal structure, DNA interaction, DFT analysis and molecular docking studies of copper(II) complexes with 1-methyl- L -tryptophan and phenanthroline units/ S. Baskaran, M.Murali Krishnan, M.N. Arumugham, Rakesh Kumar // Journal of Molecular Structure. - 2021. – Vol. 1224. - P. 129236.
8. Husain A. Synthesis, structural characterization and DFT analysis of an unusual tryptophan copper(II) complex bound via carboxylate monodentate coordination: Tetraaquabis(L-tryptophan) copper(II) picrate / A. Husain, G. Kumar, T. Sood, S. Walia, L.G. Justinoc, R. Fausto, R. Kumar // Inorganica Chimica Acta. - 2018. - Vol. 482. - P. 324–332.
9. Kukovinets O.S. Complex formation of apple pectin with some nitrogen - and oxygen-containing organic pharmacophores / O.S. Kukovinets., R.Kh. Mudarisova, V.P.Volodina, A.V. Tarasova, A.Z. Mokina, M.I Abdullin // Chemistry of natural compounds. - 2014. – N. 1. - P. 48-51.

10. Булатов И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа / И.П. Булатов, М.И. Калинин. - Л.: Химия, 1986. - 432 с.

Куковинец Ольга Сергеевна
ФГБОУ ВО Башкирский ГУ
доктор химических наук, профессор
г. Уфа, ул. Мингажева, 100,
тел.: +79174620904
e-mail: Ku47os@yandex.ru

Мударисова Роза Ханифовна
УФИХ УФИЦ РАН
кандидат химических наук, доцент
г. Уфа, проспект Октября 71
тел.: +7347356066
e-mail: mudarisova@anrb.ru

Вакульская Анастасия Андреевна
ФГБОУ ВО Башкирский ГУ
Магистр инженерного факультета,
г. Уфа, ул. Мингажева, 100,
тел.: +79874892872

Исаева Алия Ришатовна
ФГБОУ ВО Башкирский ГУ
Студент инженерного факультета,
г. Уфа, ул. Мингажева, 100
тел.: +79279562584

O.S. KUKOVINETS, R.KH. MUDARISOVA, A.A. VAKULSKAYA, A.R. ISAEVA

TECHNOLOGY FOR OBTAINING NEW BIOLOGICALLY ACTIVE PECTIN MATERIALS MODIFIED WITH L-TRIPTOFAN

Abstract. New polymer complexes of copper (II) were obtained on the basis of apple pectin modified with the amino acid L-tryptophan. The stoichiometry of the complexes formed was determined by spectrophotometric methods, and the stability constants and standard thermodynamic characteristics of the complexation process (ΔH° ; ΔG° ; ΔS°) were calculated. It was found that the interaction of pectin modified with an amino acid with Cu (II) cations leads to the formation of enthalpy - entropy stabilized metal complex compounds. The IR spectral method showed that the coordination interaction of copper (II) cations with tryptophan-modified pectin involves not only carboxyl groups, but also the hydroxyl functions of the polymer matrix. The obtained polymer metal complexes in the future can be proposed for the production of new generation drugs, which, in addition to the specific properties of the amino acid introduced into the polysaccharide, also have membranotropic, immunomodulatory properties and prolonged action.

Keywords: pectin, L-tryptophan, complexation, stability constant.

BIBLIOGRAPHY

1. Fridman Ya.D. Coordination compounds of metals with bioligands / Ya.D. Fridman. - Frunze: Ilim, 1987. - 97 p.
2. Tashmukhamedov R.I. Sintez i svoystva kompleksov metallov perekhodnogo ryada i polimerov s aminokislotnymi ostatkami / R.I. Tashmukhamedov, V.A. Li, R.I. Musin, S.SH. Rashidova., R.T. Tulyaganov, M.I. Shtilman // Khim.-farm.zhurnal.-1989.- N. 12.-C.1447-1450.
3. Thakur B.R. Chemistry and uses of pectin—a review/ B.R. Thakur, R.K. Singh, A.K. Handa // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. - 1997. - Vol. 37. - P. 47–73.
4. Sriamornsak P. Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: A review / P. Sriamornsak // Silpakorn University International Journal. - 2003. - Vol. 3. - P. 206–228.
5. Kaysheva N.SH. Farmakokhimicheskiye osnovy primeneniya pektinov i alginatov / N.SH. Kaysheva, A.SH. Kayshev. - Pyatigorsk: RIA-KMV, 2016. - 260 p.
6. Khazova O.A. Amino acids / O.A. Khazova. - Moscow: Predtecha. 2010. - 64 p.
7. Baskaran S. Synthesis, crystal structure, DNA interaction, DFT analysis and molecular docking studies of copper(II) complexes with 1-methyl- L-tryptophan and phenanthroline units/ S. Baskaran, M.Murali Krishnan, M.N. Arumugham, Rakesh Kumar // Journal of Molecular Structure. - 2021. - Vol. 1224. - P. 129236.
8. Husain A. Synthesis, structural characterization and DFT analysis of an unusual tryptophan copper(II) complex bound via carboxylate monodentate coordination: Tetraaquabis(L-tryptophan) copper(II) picrate / A. Husain, G. Kumar, T. Sood, S. Walia, L.G. Justinoc, R. Fausto, R. Kumar // Inorganica Chimica Acta. - 2018. - Vol. 482. - P. 324–332.
9. Kukovinets O.S. Complex formation of apple pectin with some nitrogen - and oxygen-containing organic pharmacophores / O.S. Kukovinets., R.Kh. Mudarisova, V.P.Volodina, A.V. Tarasova, A.Z. Mokina, M.I. Abdullin // Chemistry of natural compounds. - 2014. - N. 1. - P. 48-51.
10. Bulatov I.P. A practical guide to photometric methods of analysis / I.P. Bulatov, M.I. Kalinkin. - L.: Chemistry, 1986. - 432 p.

Kukovinets Olga Sergeevna
Bashkir State University
Dr. of Chemical Sciences, Professor of Sciences
100, Mingazheva St, Ufa
tel: +79174620904
e-mail: Ku47os@yandex.ru.

Mударисова Роза Ханифовна
Ufa Institute of Chemistry Russian Academy
PhD of Chemical Sciences, Lecturer
71, Oktyabrya, Ufa
tel: +7347356066
e-mail: mudarisova@anrb.ru.

Vakulskaya Anastasia Andreevna
Bashkir State University
Master of the Faculty of Engineering
100, Mingazheva St, Ufa
tel:+79874892872

Isaeva Aliya Rishatovna
Bashkir State University
Student of the Faculty of Engineering
100, Mingazheva St, Ufa
tel:+79279562584

А.И. БОХОНСКИЙ, Н.И. ВАРМИНСКАЯ, Т.В. МОЗОЛЕВСКАЯ, А.И. РЫЖКОВ

АЛГОРИТМ КОНСТРУИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ УПРУГОГО ОБЪЕКТА

Аннотация. Рассмотрен алгоритм конструирования оптимального управления типа «разгон-торможение» переносным движением упругого объекта из исходного состояния покоя в конечное состояние абсолютного покоя. Время движения находится как один из общих корней моментных соотношений в относительном движении упругой системы (трансцендентных уравнений). Обосновано утверждение (теорема) о существовании предельной минимальной энергоемкости управления для достижения цели движения. При учете линейно-вязкого сопротивления достижение абсолютного покоя в конце движения возможно, например, при подборе начальных условий в относительном движении.

Ключевые слова: оптимальное управление, реверсионное конструирование, упругий объект, моментные соотношения, минимум энергозатрат, линейно-вязкое сопротивление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бидерман В.П. Прикладная теория механических колебаний. – М.: Высш. шк., 1972. – 416 с.
2. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. – Л.: Машиностроение, 1976. – 320 с.
3. Бабаков И.М. Теория колебаний. – М.: Наука, 1968. – 560 с.
4. Василенко Н.В. Теория колебаний. – К.: Вища шк., 1992. – 430 с.
5. Светлицкий В.А. Сборник задач по теории колебаний / В.А. Светлицкий, И.В. Стаценко. – М.: Высш. шк., 1973. – 456 с.
6. Солодовников В.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования / В.В. Солодовников, В.Н. Плотников, А.В. Яковлев. – М.: Машиностроение, 1985. – 536 с.
7. Троицкий А.И. Оптимальные процессы колебаний механических систем. – Л.: Машиностроение, 1976. – 248 с.
8. Черноусько Ф.Л. Управление колебаниями / Ф.Л. Черноусько, Л.Д. Акуленко, Б.Н. Соколов. – М.: Наука, 1980. – 384 с.
9. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: линейные модели. – М.: Наука, 1987. – 304 с.
10. Красовский Н.Н. Теория оптимального управления. – М.: Наука, 1968. – 476 с.
11. Теория автоматического регулирования. Ч. II. Теория нелинейных систем автоматического регулирования / Под ред. А.А. Воронова. – М.: Госиздат, 1955. – 248 с.
12. Карновский И.А. Методы оптимального управления колебаниями деформируемых систем / И.А. Карновский, Ю.М. Почтман. – К.: Высш. шк., 1982. – 416 с.
13. Бохонский А.И. Оптимальное управление переносным движением деформируемых объектов: теория и технические приложения / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская, М.И. Мозолевский; Под общ. ред. А.И. Бохонского. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007. – 296 с.
14. Бохонский А.И. Вариационное и реверсионное исчисления в механике / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская; Под общ. ред. А.И. Бохонского. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012. – 212 с.
15. Бохонский А.И. Актуальные задачи вариационные исчисления. – Palmarium Academic Publishing, 2013. – 77 р.
16. Бохонский А.И. Реверсионный принцип оптимальности. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2016. – 174 с.
17. Bokhonsky A. Modelling and analysis of elastic system in motion / A. Bokhonsky, S. Zolkiewsky. – Gliwice: Wydawnictwo Politechniki, 2011. – 171 p.
18. Bokhonsky A. Modelling and investigation of discrete-continuous vibrating mechatronic systems with damping / Andrzej Buchacz, Aleksandr Bokhonsky, Marek Placzek, Andrzej Wrobel. – Gliwice: ydawnictwo Politechniki, 2013. – 207 p.
19. Бохонский А.И. Оптимальное перемещение упругого объекта с учетом в относительном движении линейно-вязкого сопротивления / А.И. Бохонский, М.М. Майстришин, А.И. Рыжков // Современные проблемы теории машин. – 2017. – №5. – С. 7-9.
20. Бохонский А.И. Конструирование управляемого движения объекта / А.И. Бохонский, А.И. Рыжков // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2017. – №1. – С. 64-69.

Бохонский Александр Иванович
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный
университет», г. Севастополь

Варминская Наталья Ивановна
Черноморское Высшее военно-морское ордена
красной звезды Училище имени П.С. Нахимова,
г. Севастополь

Профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Техническая механика и машиноведение» 299053, г. Севастополь г, ул. Университетская 33 Тел. 8 (978) 739-39-68 E-mail: bohon.alex@mail.ru

Доцент, кандидат технических наук, заведующий кафедрой физики и общетехнических дисциплин 299028, г. Севастополь, ул. Дыбенко, д. 1а Tel. 8 (978) 832-83-44 E-mail: nvarminska@gmail.com

Рыжков Александр Игоревич
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь
Ассистент кафедры «Техническая механика и машиноведение»
299053, г. Севастополь г, ул. Университетская 33
Тел. 8 (978) 847-37-49
E-mail: ryzhkov2206@mail.ru

Мозолева Татьяна виковровна
Черноморское Высшее военно-морское ордена красной звезды Училище имени П.С. Нахимова, г. Севастополь
Доцент, кандидат технических наук, профессор кафедры физики и общетехнических дисциплин 299028, г. Севастополь, ул. Дыбенко, д. 1а
Tel. 8 (978) 739-39-66
E-mail: tatyana.tvn@mail.ru

A.I. BOKHONSKY, N.I. VARMINSKAYA, T.V. MOZOLEVSKAYA, A.I. RYZHKOV

ALGORITHM FOR DESIGNING THE ELASTIC OBJECT OPTIMAL MOTION

Abstract. *An algorithm for constructing an optimal control of the "acceleration-deceleration" type by the translational motion of an elastic object from the initial state of quiescence to the final state of absolute quiescence is considered. The time of motion is found as one of the common roots of the moment relations of an elastic system in relative motion (transcendental equations). The statement (theorem) about the existence of the minimum energy consumption (limit) of control to achieve the goal of motion has been substantiated. Taking into account the linear-viscous resistance, the achievement of absolute quiescence at the end of the motion is possible, for example, by selecting the initial conditions in the relative motion.*

Keywords: *optimal control, reversive design, elastic object, moment relations, minimum energy consumption, linear-viscous resistance.*

BIBLIOGRAPHY

1. Biderman V.P. Applied theory of mechanical vibrations. – M.: Higher. shk., 1972.– 416p.
2. Panovko Ya.G. Foundations of the applied theory of vibrations and impact. – L.: Mechanical engineering, 1976. – 320 p.
3. Babakov I.M. Oscillation theory. – M.: Nauka, 1968. – 560 p.
4. Vasilenko N.V. Oscillation theory. – K.: Vischa shk., 1992. – 430 p.
5. Svetlitskiy V.A. Collection of problems on the theory of oscillations / V.A. Svetlitskiy, I.V. Statsenko. – M.: Higher. shk., 1973.– 456 p.
6. Solodovnikov V.V. Fundamentals of theory and elements of automatic control systems / V.V. Solodovnikov, V.N. Plotnikov, A.V. Yakovlev. – M.: Mashinostroyeniye, 1985.– 536 p.
7. Troitskiy A.I. Optimal vibration processes of mechanical systems.–L.:Mechanical engineering, 1976.–248p.
8. Chernousko F.L. Oscillation control / F.L. Chernousko, L.D. Akulenko, B.N. Sokolov. – Moscow: Nauka, 1980.– 384 p.
9. Krutko P.D. Inverse problems of dynamics of controlled systems: linear models. – Moscow: Nauka, 1987.– 304 p.
10. Krasovskiy N.N. Optimal control theory. – M.: Nauka, 1968. – 476p.
11. Theory of automatic regulation. V. II. Theory of nonlinear automatic control systems / Ed. A.A. Voronova. – M.: Gosizdat, 1955.– 248p.
12. Karnovskiy I.A. Methods of optimal control of oscillations of deformable systems / I.A. Karnovskiy, Yu.M. Postman. – K.: Higher. shk., 1982.– 416 p.
13. Bohonskiy A.I. Optimal control of portable motion of deformable objects: theory and technical applications / A.I. Bokhonskiy, N.I. Varminskaya, M.I. Mozolevsky; Under total. ed. A.I.Bokhonskiy. – Sevastopol: Publishing house SevNTU, 2007.– 296 p.
14. Bokhonskiy A.I. Variational and reversion calculus in mechanics / A.I. Bokhonskiy, N.I. Varminskaya; Under total. ed. A.I. Bokhonskiy. – Sevastopol: SevNTU Publishing House, 2012. –212 p.
15. Bokhonskiy A.I. Actual problems calculus of variations. – Palmarium Academic Publishing, 2013.– 77 p.
16. Bokhonskiy A.I. Reversible principle of optimality. – M.: University textbook: INFRA-M, 2016. – 174 p.
17. Bokhonskiy A. Modeling and analysis of elastic system in motion / A. Bokhonskiy, S. Zolkiewsky. – Gliwice: Wydawnictwo Politechniki, 2011. – 171 p.
18. Bokhonskiy A. Modeling and investigation of discrete-continuous vibrating mechatronic systems with damping / Andrzej Buchacz, Aleksandr Bokhonskiy, Marek Placzek, Andrzej Wrobel. – Gliwice: ydawnictwo Politechniki, 2013.– 207 p.

19. Bokhonsky A.I. Optimal displacement of an elastic object taking into account linear-viscous resistance in relative motion / A.I. Bokhonsky, M.M. Maistrishin, A.I. Ryzhkov // Modern problems of machine theory. – 2017. – No. 5. – pp. 7 – 9.

20. Bokhonskiy A.I. Designing the controlled movement of an object. Bokhonsky, A.I. Ryzhkov // Mechatronics, Automation and Robotics. – 2017. – No. 1. – pp. 64 – 69.

Bokhonsky Alexander Ivanovich

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

Varminskaya Natalia Ivanovna

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

Ryzhkov Aleksandr Igorevich

Sevastopol State University, Sevastopol
Assistant of the Department «Technical Mechanics
and Engineering Science»
299053, Sevastopol, st. Universitetskaya 33
Tel. 8 (978) 847-37-49
E-mail: ryzhkov2206@mail.ru

Mozolevskaya Tatyana Victorovna

Black Sea Higher Naval Order of the Red Star School named
after P.S. Nakhimov, Sevastopol
Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Professor
of the Department of Physics and General Technical Disciplines
299028, Sevastopol, st. Dybenko, 1a
Tel. 8 (978) 739-39-66
E-mail: tatyana.tvn@mail.ru

УДК502.174:697.7

DOI:10.33979/2073-7408-2021-348-4-39-42

Д.В. БУРКОВ, Е.В. БУРКОВА

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАДИЦИОННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрено влияние котельных Балаклавского района г. Севастополя на окружающую среду. Предложена методика оценки уровня экологической безопасности при теплоснабжении объектов жилищно-коммунального хозяйства.

Ключевые слова: экологическая безопасность, экологический ущерб, вредные выбросы котельных, альтернативная энергетика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стольберг Ф.В. Экология города: учебник / Ф.В. Стольберг, В.Н. Ладыженский. – К.: Либра, 2000. – 464 с.
2. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчёт содержания вредных веществ и их распределение в воздухе: справочное изд. / Н.Ф. Тищенко. – М.: Химия, 1991. – 368 с.
3. Кабушко А.М. Экология и экономика природопользования: практикум / А.М. Кабушко, Т.Д. Макарецкая. – Мн.: Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2008. – 107 с.

Буркова Елена Викторовна

Севастопольский государственный университет, г.
Севастополь
Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Техносферная безопасность»
E-mail: lena1b@mail.ru

Бурков Дмитрий Валериевич

Севастопольский государственный университет, г.
Севастополь
Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Энергоустановки морских судов и сооружений»
E-mail: dv.burkov@mail.ru

D.V. BURKOV, E.V. BURKOVA

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL DAMAGE IN THE ORGANIZATION CONVENTIONAL HEAT SUPPLY

Abstract. The article discusses the impact of boiler houses of the Balaklava region of Sevastopol on the environment. A method for assessing the level of environmental safety in heat supply of housing and communal services is proposed.

Keywords: environmental safety, environmental damage, harmful emissions from boiler houses, alternative energy.

BIBLIOGRAPHY

1. Stolberg F.V. Ecology of the city: textbook / F.V. Stolberg, V.N. Ladyzhensky. – K.: Libra, 2000. – 464 p.
2. Tishchenko N.F. Protection of atmospheric air. Calculation of the content of harmful substances and their distribution in the air: reference ed. / N.F. Tishchenko. – M.: Chemistry, 1991. – 368 p.
3. Kabushko A.M. Ecology and economics of nature management: workshop / A.M. Ka-bushko, T. D. Makaretskaya. - Minsk: Acad. ex. under the President of the Republic. Belarus, 2008. – 107 p.

Burkova Elena Viktorovna
Sevastopol State University, Sevastopol
Ph.D., associate professor of the Department
«Technosphere safety»
E-mail: lena1b@mail.ru

Burkov Dmitiy Valerievich
Sevastopol State University, Sevastopol
Ph.D., associate professor of the Department «Power
plants of ships and structures»
E-mail: dv.burkov@mail.ru

УДК 006.022:621.1:621.22

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-43-50

Е.В. ГЕОРГИЕВСКАЯ, Н.В. ГЕОРГИЕВСКИЙ

СРОК СЛУЖБЫ КАК ПАРАМЕТР ОБОБЩЕННОГО УЗЛА ПРИ РАСЧЕТЕ ИНДЕКСА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. Программа цифровизации энергетики требует проводить оценку технического состояния и физического износа энергетического оборудования на основе единого интегрального показателя – индекса технического состояния (ИТС). Срок службы является одной из составляющих ИТС. В статье рассмотрено влияние срока службы энергетического оборудования на итоговое значение ИТС, объяснены противоречия при оценке износа по ИТС и на базе ресурсных показателей. Предложено для стареющего оборудования, исчерпавшего проектный ресурс, в качестве нормативного значения срока службы для балльной оценки использовать индивидуальный назначенный ресурс или индивидуальный срок продления безопасной эксплуатации.

Ключевые слова: индекс технического состояния, ИТС, срок службы, ресурс, турбина.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей. Утв. приказом Минэнерго России от 26 июля 2017 года N 676.
2. Грабчак Е. П. Оценка технического состояния энергетического оборудования в условиях цифровой экономики // Надежность и безопасность энергетики. – 2018. – Т. 10. – №. 4. – С. 268-274.
3. СТО 34.01-35-001-2020 Методические указания по проведению технического освидетельствования оборудования подстанций, линий электропередачи. Утв. распоряжением ПАО «Россети» от 21.12.2020 № 418р.
4. Министерство энергетики РФ. Показатели технико-экономического состояния объектов электроэнергетики. Доступно в интернете: <https://minenergo.gov.ru/node/11200> (дата обращения 15.05.2021).
5. Георгиевская Е.В. Планово-предупредительные и восстановительные ремонты как инструмент управления ресурсом гидроагрегатов // Гидротехника. № 1(50). 2018. С. 48-52.
6. Богуш Б.Б. О модернизации оборудования и внедрении современных информационных технологий для обеспечения энергобезопасности и энергоэффективности работы ГЭС и ГАЭС // Энергоэффективность и энергобезопасность гидроэнергетических объектов в контексте модернизации и цифровой трансформации. РЭН-2019, Москва.
7. СТО РусГидро 02.03.77-2015 Гидроэлектростанции. Продление срока службы основного оборудования в процессе эксплуатации. Нормы и требования. Утв. приказом ПАО «РусГидро» от 27.07.2017 № 483.
8. РД 10-577-03 Типовая инструкция по контролю металла и продлению срока службы основных элементов котлов, турбин и трубопроводов тепловых электростанций. Утв. постановлением Госгортехнадзора России от 18 июня 2003 года N 94.

Георгиевская Евгения Викторовна
ООО «Центр конструкторско-технологических
инноваций»
Кандидат физико-математических наук
Директор по науке
Адрес: 197376, Санкт-Петербург,
наб. реки Карповки д. 5 лит. Я
Тел. +7(921)971-64-43
E-mail: sciencedir@cdti.ru

Георгиевский Николай Владимирович
ООО «Центр конструкторско-технологических
инноваций»
Кандидат технических наук
Генеральный директор
Адрес: 197376, Санкт-Петербург,
наб. реки Карповки д. 5 лит. Я
Тел. +7(921)971-64-43
E-mail: gendir@cdti.ru

E.V. GEORGIEVSKAIA, N.V. GEORGIEVSKY

LIFETIME AS A PARAMETER OF A GENERALIZED NODE UNDER ASSESSMENT OF TECHNICAL CONDITION INDEX OF POWER EQUIPMENT

Abstract. In accordance with the energy digitalization program, the single integral indicator - the technical condition index (TCI) - is used for the assessment of the technical condition and physical wear and tear of energy equipment. Service life is one of the components of this index. The article discusses the influence of the service life of power equipment on the final value of the index, explains the contradictions in assessing wear on TCI and on the lifetime indicators. For aging equipment that has reached the end of its design life, it is suggested to use the individual service life or individual period of safe operation extension as the normal value of service life under the assessment of TCI.

Keywords: technical condition index, service life, lifetime, turbine.

BIBLIOGRAPHY

1. Metodika ocenki tekhnicheskogo sostoyaniya osnovnogo tekhnologicheskogo oborudovaniya i linij elektropredachi elektricheskikh stancij i elektricheskikh setej. Utv. prikazom Minenergo Rossii ot 26 iyulya 2017 goda N 676.
2. Grabchak E. P. Ocenka tekhnicheskogo sostoyaniya energeticheskogo oborudovaniya v usloviyakh cifrovoj ekonomiki //Nadezhnost i bezopasnost energetiki. – 2018. – T. 10. – №. 4. – S. 268-274.
3. STO 34.01-35-001-2020 Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu tekhnicheskogo osvidetelstvovaniya oborudovaniya podstancij, linij elektropredachi. Utv. rasporyazheniem PAO «Rosseti» ot 21.12.2020 № 418r.
4. Ministerstvo energetiki RF. Pokazateli tekhniko-ekonomicheskogo sostoyaniya ob"ektov elektroenergetiki. Dostupno v internete: <https://minenergo.gov.ru/node/11200> (data obrashcheniya 15.05.2021).
5. Georgievskaya E.V. Planovo-predupreditelnye i vosstanovitelnye remonty kak instrument upravleniya resursom gidroagregatov // Gidrotekhnika. № 1(50). 2018. S. 48-52.
6. Bogush B.B. O modernizacii oborudovaniya i vnedrenii sovremennykh informacionnykh tekhnologij dlya obespecheniya energobezopasnosti i energoeffektivnosti raboty GES i GAES // Energoeffektivnost i energobezopasnost gidroenergeticheskikh ob"ektov v kontekste modernizacii i cifrovoj transformacii. REN-2019, Moskva.
7. STO RusGidro 02.03.77-2015 Gidroelektrostancii. Prodlenie sroka sluzhby osnovnogo oborudovaniya v processe ekspluatatsii. Normy i trebovaniya. Utv. prikazom PAO «RusGidro» ot 27.07.2017 № 483.
8. RD 10-577-03 Tipovaya instrukciya po kontrolyu metalla i prodleniyu sroka sluzhby osnovnykh elementov kotlov, turbin i truboprovodov teplovykh elektrostancij. Utv. postanovleniem Gosgortekhnadzora Rossii ot 18 iyunya 2003 goda N 94.

Georgievskaya Evgeniia

Center of design and technological innovation» LLC
Director for Science
Ph.D. (Physical&Mathematical Sciences)
197376, Saint-Petersburg
Nab. reki Karpovki, d. 5, str. YA
Tel. +7(921)971-64-43
E-mail: sciencedir@cdti.ru

Georgievsky Nikolay

Center of design and technological innovation» LLC
General Director
Ph.D. (Technical Sciences)
197376, Saint-Petersburg
Nab. reki Karpovki, d. 5, str. YA
Tel. +7(921)971-64-43
E-mail: gendir@cdti.ru

УДК [621.436:681.5]: 629.5

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-51-58

Г.В. ГОГОЛЕВ

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ГЛАВНЫХ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ХОДАХ

Аннотация. Выполнен анализ особенностей работы судовых главных дизелей на режимах экономических ходов, даны рекомендации, позволяющие повысить эффективность и безопасность эксплуатации энергетической установки и судна на указанных режимах.

Ключевые слова: главные дизельные двигатели, переменные режимы работы, поворотный сопловой аппарат турбин газотурбонагнетателей, поворотный лопаточный аппарат компрессоров газотурбонагнетателей, режимы экономических ходов, работа системы наддува в условиях волнения моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гоголев Г.В. Техническая эксплуатация судовых дизельных установок: учеб. пособие / Г.В.Гоголев, Ю.А.Лисняк.- Севастополь, СевГУ, 2017. – 372с.
2. DIESELFACETS, №1, Copenhagen, MAN Diesel A/S, 2008 – 16 с.
3. Marine Installation Manual. RT-flex 48T-D. Issue March 2012. Wartsila. – 399с.
4. Пунда А.С. Использование регулируемого турбонаддува для оптимизации рабочих процессов главных судовых двигателей при длительной работе на малых мощностях / А.С. Пунда, Ю.Г. Гурьев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова.- 2017.- Т.9. - № 6.- с.1291-1299.
5. Ice Classed Ships. Main Engines – Copenhagen MAN Diesel Turbo, 2014 – 26 с.

Гоголев Геннадий Вениаминович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,

г. Севастополь

кандидат технических наук, доцент кафедры энергоустановки морских судов и сооружений

299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33

Тел.: +79787817383

E-mail: ggogolevsgu@mail.ru

G.V. GOGOLEV

SINGULARITIES OF OPERATION OF MAIN SHIPS ENGINES ON ECONOMICAL MODES

Abstract. *The article considers singularities for operation of main ships diesels in slow economical modes. The effectiveness of the methods for optimizing and safety operation of engines considered in the article is analyze. The advisable solutions is expand.*

Keywords: *main ships diesel engine, economical modes, adjustable cross-section of the turbine nozzle apparatus, adjustable apparatus of compressors turbocharger, safety operation system of charge in storm.*

BIBLIOGRAPHY

1. Gogolev G V. Technical operation of ships diesels plants.– Sevastopol: SevGU.2017 – 372 p.
2. DIESELFACETS, №1, Copenhagen, MAN Diesel A/S, 2008 – 16 p.
3. Marine Installation Manual. RT-flex 48T-D. Issue March 2012. Wartsila. – 399 p.
4. Punda A.S. Gur ev Y.G. Application of adjustable turbocharging for optimization of working proctects of main ships engines during the long-term operation at the small power modes. Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S.O. Makarova 9.6 (2017): – с.1291-1299.
5. Ice Classed Ships. Main Engines – Copenhagen MAN Diesel Turbo, 2014 – 26 p.

Gogolev Gennadiy Veniaminovich

Sevastopol State University,

PhD, Associate Professor of the Department «Ship power plants and structures»,

Sevastopol, Universitetskaya, 33

Tel. +79787817383

E-mail: ggogolevsgu@mail.ru

УДК 629.12

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-59-65

К.А. КОВАЛЬ, А.Л. СУХОРИКОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ И ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ СОСТАВНОГО ПЛАВНИКОВОГО ДВИЖИТЕЛЯ

Аннотация. *При помощи подхода Виттенбурга были получены уравнения движения машущих элементов составного плавникового движителя. Данные уравнения были линеаризованы и использованы для разработки математической модели, которая позволяет исследовать характер движения и вынужденные колебания подобных конструкций в потоке жидкости. С помощью численного моделирования была определена критическая скорость потока, при превышении которой движение рассматриваемой конфигурации составного плавникового движителя становится неустойчивым. Исследование вынужденных колебаний данной конструкции показало, что максимальные амплитуды зависимых элементов возникают при совпадении рабочей частоты колебаний ведущего элемента и основной частоты составного плавникового движителя. Этот режим представляется наиболее интересным для дальнейшего изучения с помощью методов современной вычислительной гидродинамики с целью получения гидродинамических и пропульсивных характеристик движительного комплекса.*

Ключевые слова: плавниковый движитель, машущее крыло, система крыльев, устойчивость движения, вынужденные колебания, численное моделирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлов, Л.Ф. Теоретическая био-гидродинамика / Л.Ф. Козлов. – Киев: «Вища школа», 1983. — 240 с.
2. Слижевский, Н.Б. Гидробионика в судостроении / Н.Б. Слижевский. – Николаев: Изд-во УГМТУ, 2002. – 112 с.
3. Сухоруков, А.Л. Подводный аппарат с плавниковым движителем / А.Л. Сухоруков, Б.А. Лускин, К.А. Коваль // Патент на изобретение № 2678732.
4. Виттенбург, Й. Динамика систем твердых тел / Й. Виттенбург. – М.: Мир, 1980. – 294 с.
5. Коваль, К.А. Об использовании формализма Виттенбурга в задаче расчета динамики составного плавникового движителя / К.А. Коваль, А.Л. Сухоруков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2017. № 4–2 (324), С. 18 – 24.
6. Коваль, К.А. Результаты верификации численного метода расчета гидродинамических и гидроакустических характеристик плавникового движителя / К.А. Коваль, А.Л. Сухоруков, И.А. Чернышев // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2016. Т. 9, № 4, С. 60 – 72.
7. Алдошин, Г.Т. Аналитическая динамика и теория колебаний: Учебное пособие / Г.Т. Алдошин. – СПб.: Издательство «Лань», 2018. – 256 с.

Коваль Кирилл Алексеевич

АО «ЦКБ МТ «Рубин», г. Санкт-Петербург
Инженер
191119, г. Санкт-Петербург, ул. Марата, 90
Тел. (812) 494-17-08
E-mail: koval.kir2014@yandex.ru

Сухоруков Андрей Львович

АО «ЦКБ МТ «Рубин», г. Санкт-Петербург
Доктор технических наук, заместитель начальника
отдела
191119, г. Санкт-Петербург, ул. Марата, 90
Тел. (812) 494-19-40
E-mail: su_andr@yahoo.com

K.A. KOVAL, A.L. SUKHORUKOV

ANALYSIS OF STABILITY OF MOTION AND FORCED OSCILLATIONS OF COMPOSITE FIN PROPULSION SYSTEM

Abstract. *The motion equations of flapping elements of composite fin propulsion system were derived using Vittenburgs approach. These equations were linearized and used in the development of mathematical model which is capable of analysis of stability of motion and forced oscillations of such constructions in liquid flow. Critical flow velocity was calculated using numerical simulation: motion of considered configuration of composite fin propulsion system becomes instable for cases corresponding values of flow velocities above critical. Forced oscillations analysis of the construction reveals that maximum of amplitudes of related elements appears when operating frequency of main elements oscillations coincides with composite fin propulsion system natural frequency. This case seems to be the most interesting for further exploration with actual CFD methods for calculating hydrodynamic and propulsive characteristics of the propulsive system.*

Keywords: *fin propulsive system, flapping wing, system of wings, stability of motion, forced oscillations, numerical simulation.*

BIBLIOGRAPHY

1. Kozlov, L.F. Teoreticheskaya bio-gidrodinamika/ L.F. Kozlov. – Kiyev: “Vishcha shkola”, 1983. – 240 s.
2. Slizhevskiy, N.B. Gidrobionika v sudostroenii / N.B. Slizhevskiy – Nikolayev: Izd-vo UGMTU, 2002. – 112 s.
3. Sukhorukov, A.L. Podvodnyi apparat s plavnikovym dvizhitelem / A.L. Sukhorukov, B.A. Luskin, K.A. Koval // Patent na izobretenie № 2678732.
4. Vittenburg, J. Dinamika system tverdyh tel / J. Vittenburg. – M.: Mir, 1980. – 294 s.
5. Koval, K.A. Ob ispolzovanii formalizma Vittenburga v zadache rascheta dinamiki sostavnogo plavnikovogo dvizhitelya / K.A. Koval, A.L. Sukhorukov // Fundamentalnye i prikladnye problem tekhniki i tekhnologii. 2017. № 4–2 (324), S. 18 – 24.
6. Koval, K.A. Rezultaty verifikatsii chislennogo metoda rascheta gidrodinamicheskikh i gidroakusticheskikh harakteristik plavnikovogo dvizhitelya / K.A. Koval, A.L. Sukhorukov, I.A. Chernishev // Fundamentalnaya i prikladnaya gidrofizika. 2016. T. 9, №4, S. 60-72.
7. Aldoshin, G.T. Analiticheskaya dinamika i teoriya kolebaniy: Uchebnoe posobie / G.T. Aldoshin. – SPb.: Izdatelstvo “Lan”, 2018. – 256 s.

Koval Kirill Alekseevich
Central Design Bureau for Marine Engineering
“Rubin”, St. Petersburg
Engineer
191119, St. Petersburg, 90 Marata str.
Ph.: (812) 494-17-08
E-mail: koval.kir2014@yandex.ru

Sukhorukov Andrei Lvovich
Central Design Bureau for Marine Engineering “Rubin”,
St. Petersburg
Doctor of Engineering Sciences, Deputy Head of
Department
191119, St. Petersburg, 90 Marata str.
Ph.: (812) 494-19-40
E-mail: su_andr@yahoo.com

УДК 681.5:621.432.3

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-66-76

К.Н. ОСИПОВ

ОЦЕНКА РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ХОДЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Аннотация. Обосновывается метод оценки риска перехода технически сложных объектов и систем в аварийное техническое состояние, представляющее опасность для эксплуатирующего персонала и материальных ценностей. В качестве иллюстративного примера рассмотрен процесс оценки вероятности перехода в неисправное состояние поршневых двигателей внутреннего сгорания с принудительным воспламенением и внешним смесеобразованием 4 Ч 7.5/8.5 по результатам измерения их диагностических параметров в реальном времени эксплуатации.

Ключевые слова: моделирование, поршневые двигатели внутреннего сгорания, риск, оценка вероятностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Охтилев М.Ю. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов / М.Ю. Охтилев, Б.В. Соколов, Р.М. Юсупов. – М.: Наука, 2006, 410 с.
2. Emmenegger, J.-F., Pervukhina, E., Golikova, V. Harmonic Analysis and Cointegration of Diagnostic Parameter Time Series of Motors, International Journal of Pure and Applied Mathematics, Vol. 82, N 1, P. 143-161.
3. Хенли Э. Дж. Надежность технических систем и оценка риска: пер. с англ. яз. В.С. Сыромятников, Г.С. Демминой. – М. Машиностроение, 1984 г. – 528 с.
4. Анимица Е.Г., Анимица П.Е., Глумов А.А. Импортозамещение в промышленном производстве региона: концептуально-теоретические и прикладные аспекты / Е. Г. Анимица, П. Е. Анимица, А. А. Глумов // Экономика региона. — 2015. — №3. — С. 160-172.
5. Филипович О.В. Автоматическое устройство для сердечно-легочной реанимации / О.В. Филипович, Е.В., В.П. Поливцев // Патент на полезную модель RU 189470, 23.05.2019. Заявка № 2018139986 от 12.11.2018.
6. Первухина Е.Л., Голикова В.В., Степанченко Т.Л. Информационные технологии в задачах выявления неисправных машиностроительных изделий в ходе приемосдаточных испытаний после сборки // Сборка в машиностроении, приборостроении. – Москва, 2010. – №11. – С.3-8.
7. Pervukhina, E., Osipov, K., Golikova, V. (2015) Lowering toxic concentrations in the diesel exhaust gases // Communications in Computer and Information Science, Special Issue “Optimization in the Natural Sciences,” pp. 118-128.
8. Стрейц В. Метод пространства состояний в теории дискретных линейных систем управления. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 296 с.
9. Y. Bar-Shalom and X. R. Li, Estimation with Applications to Tracking and Navigation, 2001, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA.
10. Первухина Е.Л. Использование информационной меры в процедурах оценки дискретных стохастических систем при неизвестных ковариациях шумов // Известия РАЕН, серия МММИУ, 1999. – т.3. – №3. – С. 100-106.
11. Pervukhina, E., Emmenegger J.-F. Adaptive time series filters obtained by minimization of the Kullback-Leibler divergence criterion // International Journal of Applied Mathematics, 2005. – Vol. 17. – № 1. – P.69-89.

Осипов Константин Николаевич

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

K.N. OSIPOV

RISK ASSESSMENT OF EMERGENCY SITUATIONS DURING OPERATION OF INTERNAL COMBUSTION PISTON ENGINES

Abstract. *A method for assessing the risk of transition of technically complex objects and systems to an emergency technical state is substantiated, which poses a danger to the operating personnel and material assets. As an illustrative example, the process of assessing the probability of transition to a faulty state of reciprocating internal combustion engines with forced ignition and external mixture formation 4 CH 7.5 / 8.5 based on the results of measuring their diagnostic parameters in real time is considered.*

Keywords: *modeling, reciprocating internal combustion engines, risk, probability assessment.*

BIBLIOGRAPHY

1. Okhtilev Y. M. Intellectual technologies of monitoring and control of structural dynamics of complex technical objects / Okhtilev M. Yu., B. V. Sokolov, R. M. Yusupov. - Moscow: Science, 2006, 410 p.
2. Emmenegger, J.-F., Pervukhina, E., Golikova, V. Harmonic Analysis and Cointegration of Time Series Diagnostic Parameter of Motors, International Journal of Pure and Applied Mathematics, Vol. 82, N 1, P 143-161.
3. Хенли Э. Дж. Надежность технических систем и оценка риска: пер. с англ. яз. В.С. Сыромятников, Г.С. Демминой. – М. Машиностроение, 1984 г. – 528 с.
4. Animitsa E. G., Animitsa E. P., Glumov, A. A. Import Substitution in the industrial production of the region: conceptual-theoretical and applied aspects / E. G. Animitsa, P. E. Animitsa, Glumov A. A. // Economy of region. - 2015. - №3. - P. 160-172.
5. Filippovich O. V. Automatic device for cardiopulmonary resuscitation / O. V. Filippovich, E. V., V. P. Polivtsev // patent for utility model RU 189470, 23.05.2019. Application no. 2018139986 from 12.11.2018.6. K. the Cointegrated VAR Model / K. Juselius. New York: Oxford University Press Inc., 2006. - 457 p.
6. Pervukhina E. L., Golikova V. V., Stepanchenko T. L. Information technologies in the tasks of detecting faulty machine -building products during acceptance tests after Assembly / Assembly in machine- building, instrument- making. - Moscow, 2010. - #11. - Pp. 3-8.
7. Pervukhina E., Osipov, K., Golikova, V. (2015) Lowering toxic concentrations in the diesel exhaust gases // Communications in Computer and Information Science, Special Issue "Optimization in the Natural Sciences," pp. 118-128.
8. Straits V. state space Method in the theory of discrete linear control systems. – M.: Science. Home edition physical and mathematical literature, 1985. - 296 p.
9. Y. Bar-Shalom and X. R. Li, Estimation with Applications to Tracking and Navigation, 2001, John Wiley & Sons, Inc. New York, NY, USA.
10. Pervukhina, E. L. the Use of information measure in procedures for estimation of discrete stochastic systems with unknown noise covariances // Izvestiya of RAEN, series MMMIU, 1999. – vol.3. - №3. – Pp. 100-106.
11. Pervukhina, E., Emmenegger J.-f Adaptive time series of filters obtained by minimization of the Kullback-Leibler divergence criterion // international Jour of applied Mathematics, 2005. - Vol. 17. - № 1. 69-89.

Osipov Konstantin Nikolaevich

Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation, PhD, Docent (Associate Professor), Department of Instrument systems and Automation of Technological Processes 299053, Sevastopol, Universytetskay st. 33.

Тел. +7(8692)-55-00-77

Email: assistenttmm@mail.ru

В.И. ПАХАЛЮК, А.М. ПОЛЯКОВ

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СМАЗКИ В ПАРЕ ТРЕНИЯ ИЗ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ ТОТАЛЬНОГО ЭНДОПРОТЕЗА ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

Аннотация. Представлен численный анализ задачи гидродинамической смазки в паре трения эндопротеза тазобедренного сустава с поверхностями из материалов с высоким модулем упругости, таких как металл–металл или керамика–керамика, в условиях установившейся ходьбы. Было решено уравнение Рейнольдса в сферических координатах для движений пленки из синовиальной жидкости при трехмерном изменении нагрузки и скорости, возникающих в паре трения тазобедренного сустава во время ходьбы. Было показано, что может быть образована конечная толщина смазочной пленки во время цикла ходьбы благодаря сжатию пленки. Также было обнаружено, что конструктивные параметры сферической пары скольжения, такие как радиус бедренной головки и радиальный зазор между бедренной головкой и вертлужным элементом, оказывают большое влияние на величину прогнозируемой толщины смазочной пленки. Сделан вывод, что существует большая вероятность того, что при замене тазобедренного сустава с парой керамика–керамика и, возможно, для некоторых хорошо обработанных имплантатов с парой металл–металл с относительно небольшим радиальным зазором может образоваться сплошная гидродинамическая смазочная пленка, обеспечивающая полностью жидкостное трение.

Ключевые слова: пара трения металл–металл, пара трения керамика–керамика, гидродинамическая смазка, эндопротез тазобедренного сустава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Poliakov, A. Current Trends in Improving of Artificial Joints Design and Technologies for Their Arthroplasty / A. Poliakov, V. Pakhaliuk, V.L. Popov // Frontiers in Mechanical Engineering. – 2020. – Vol. 6, Art. 4. – P. 16.
2. Semlitsch, M. Clinical wear behaviour of UHMW polyethylene cups paired with metal and ceramic ball heads in comparison to metal-on-metal pairings of hip joint replacements / M. Semlitsch, H.G. Willert // Proc. Instn Mech. Engrs, Part H, Journal of Engineering in Medicine. – 1997. – Vol. 211, No H1. – P. 73–88.
3. Streicher, R.M. Metal-on-metal articulation for artificial hip joints: laboratory study and clinical results / R.M. Streicher, M. Semlitsch, R. Schon, H. Weber, C. Rieker // Proc. Instn Mech. Engrs, Part H, Journal of Engineering in Medicine. – 1996. – Vol. 210, No H3. – P. 223–232.
4. Jin, Z.M. Analysis of fluid film lubrication in artificial hip joint replacements with surfaces of high elastic modulus / Z.M. Jin, D. Dowson, J. Fisher // Proc. Instn Mech. Engrs, Part H, Journal of Engineering in Medicine. – 1997. – Vol. 211, No H3. – P. 247–256.
5. Goenka, P.K. Spherical Bearings: Static and Dynamic Analysis via the Finite Element Method / P.K. Goenka, J.F. Booker // Trans. ASME, Journal of Lubrication Technology. – 1980. – Vol. 102, No 3. – P. 308–318.
6. Paul, J.P. Forces transmitted by joints in the human body, in lubrication and wear in living and artificial human joints / J.P. Paul // Proc. Instn Mech. Engrs. – 1967. – Vol. 181. – No 3J. – P. 8–15.
7. Kothari, M. Analysis of artificial hip joints as spherical bearings / M. Kothari, J.F. Booker, D.L. Bartel // In Lubricants and Lubrication, Proceedings of 21st Leeds–Lyon Symposium on Tribology, Leeds. – 1995. – P. 93–98.
8. Ai, X.L. Hydrodynamic lubrication analysis of metallic hip joint / X.L. Ai, H.S. Cheng // Tribology Trans. – 1996. – Vol. 39. – P. 103–111.
9. Cooke, A.V. The rheology of synovial fluid and some potential synthetic lubricants for degenerate synovial joints / A.V. Cooke, D. Dowson, V. Wright // Engng in Medicine. – 1978. – Vol. 7. – P. 66–72.
10. Popov, V.L. Synovial Joints. Tribology, Regeneration, Regenerative Rehabilitation and Arthroplasty / V.L. Popov, A.M. Poliakov, V.I. Pakhaliuk // Lubricants. – 2021. – Vol. 9, No 2. – P. 15.

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. +7 978 764 06 00
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

NUMERICAL ANALYSIS OF HYDRODYNAMIC LUBRICATION IN FRICTION PAIR FROM HARD MATERIALS OF A TOTAL HIP JOINT REPLACEMENT

Abstract. A numerical analysis of the hydrodynamic lubrication problem in a friction pair of a hip joint replacement with surfaces made of materials with a high modulus of elasticity, such as metal-metal or ceramic-ceramic, under steady-state walking conditions is presented. The Reynolds equation in spherical coordinates has been solved for the movements of the film with a three-dimensional change in the load and speed experienced in a friction pair of the hip joint during walking. It has been shown that a finite lubricating film thickness can be formed during the walking cycle due to the film squeezing. It has also been found that the design parameters of the spherical sliding pair, such as the radius of the femoral head and the radial clearance between the femoral head and the acetabular element, have a large influence on the predicted film thickness. It was concluded that there is a high likelihood that a continuous hydrodynamic lubricating film may be formed in hip replacement with a ceramic-to-ceramic pair and, possibly, for implants with some well-machined metal-to-metal pairs with a relatively small radial clearance that provides completely fluid friction.

Keywords: metal-to-metal friction pair, ceramic-to-ceramic friction pair, hydrodynamic lubrication, hip joint replacement.

BIBLIOGRAPHY

1. Poliakov, A. Current Trends in Improving of Artificial Joints Design and Technologies for Their Arthroplasty / A. Poliakov, V. Pakhaliuk, V.L. Popov // *Frontiers in Mechanical Engineering*. – 2020. – Vol. 6, Art. 4. – P. 16.
2. Semlitsch, M. Clinical wear behaviour of UHMW polyethylene cups paired with metal and ceramic ball heads in comparison to metal-on-metal pairings of hip joint replacements / M. Semlitsch, H.G. Willert // *Proc. Instn Mech. Engrs, Part H, Journal of Engineering in Medicine*. – 1997. – Vol. 211, No H1. – P. 73–88.
3. Streicher, R.M. Metal-on-metal articulation for artificial hip joints: laboratory study and clinical results / R.M. Streicher, M. Semlitsch, R. Schon, H. Weber, C. Rieker // *Proc. Instn Mech. Engrs, Part H, Journal of Engineering in Medicine*. – 1996. – Vol. 210, No H3. – P. 223–232.
4. Jin, Z.M. Analysis of fluid film lubrication in artificial hip joint replacements with surfaces of high elastic modulus / Z.M. Jin, D. Dowson, J. Fisher // *Proc. Instn Mech. Engrs, Part H, Journal of Engineering in Medicine*. – 1997. – Vol. 211, No H3. – P. 247–256.
5. Goenka, P.K. Spherical Bearings: Static and Dynamic Analysis via the Finite Element Method / P.K. Goenka, J.F. Booker // *Trans. ASME, Journal of Lubrication Technology*. – 1980. – Vol. 102, No 3. – P. 308–318.
6. Paul, J.P. Forces transmitted by joints in the human body, in lubrication and wear in living and artificial human joints / J.P. Paul // *Proc. Instn Mech. Engrs*. – 1967. – Vol. 181. – No 3J. – P. 8–15.
7. Kothari, M. Analysis of artificial hip joints as spherical bearings / M. Kothary, J.F. Booker, D.L. Bartel // *In Lubricants and Lubrication, Proceedings of 21st Leeds–Lyon Symposium on Tribology, Leeds*. – 1995. – P. 93–98.
8. Ai, X.L. Hydrodynamic lubrication analysis of metallic hip joint / X.L. Ai, H.S. Cheng // *Tribology Trans.* – 1996. – Vol. 39. – P. 103–111.
9. Cooke, A.V. The rheology of synovial fluid and some potential synthetic lubricants for degenerate synovial joints / A.V. Cooke, D. Dowson, V. Wright // *Engng in Medicine*. – 1978. – Vol. 7. – P. 66–72.
10. Popov, V.L. Synovial Joints. Tribology, Regeneration, Regenerative Rehabilitation and Arthroplasty / V.L. Popov, A.M. Poliakov, V.I. Pakhaliuk // *Lubricants*. – 2021. – Vol. 9, No 2. – P. 15.

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: +7 978 764 06 00
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

УДК 616.728.2-089

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-87-96

В.И. ПАХАЛЮК, А.М. ПОЛЯКОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ПОЛИМЕРНОГО ВКЛАДЫША АЦЕТАБУЛЯРНОГО КОМПОНЕНТА ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА ПРИ СОПРЯЖЕНИИ С ГОЛОВКОЙ

Аннотация. В настоящей работе предложена конструкция ацетабулярного (вертлужного) компонента сферического сустава тотального эндопротеза тазобедренного сустава (ТЭТБС) – вкладыша, которая обеспечивает упрощение его конструкции при повышении степени фиксации в нем бедренной головки, чем снижается вероятность ее вывиха из вкладыша, приводящего к очевидному ревизионному вмешательству. При этом сохраняется также достаточно большая область подвижности сустава. Для обеспечения надежности сопряжения отверстие вкладыша, через которое устанавливается головка, желательно располагать как можно дальше от диаметральной плоскости. Однако в таких случаях необходимо обеспечить достаточно большие деформации вкладыша в процессе установки головки. В работе выполнена оценка усилий, прикладываемых к головке, необходимых для ее сопряжения с вкладышем; приводятся результаты численного моделирования упругой деформации вкладыша с проточкой в процессе установки головки.

Ключевые слова: эндопротез тазобедренного сустава, головка эндопротеза, ацетабулярный компонент эндопротеза, деформация вкладыша.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Poliakov A. Current Trends in Improving of Artificial Joints Design and Technologies for Their Arthroplasty / A. Poliakov, V. Pakhaliuk, V.L. Popov // *Frontiers in Mechanical Engineering*. – 2020. – Vol. 6. – Art. 4. – 16 p.
2. Poliakov A. System Analysis and Synthesis of Total Hip Joint Endoprosthesis / A. Poliakov, V. Pakhaliuk, M. Kalinin, V. Kramar, M. Kolesova, O. Kovalenko // *Procedia Engineering*. – 2015. – Vol. 100. – P. 530-538.
3. Lachiewicz P.F. The Use of Constrained Components in Total Hip Arthroplasty / P.F. Lachiewicz // *J Am Ass Orthop Surg*. – 2002. – Vol. 10, No 4. – P. 233-238.
4. Даниляк В.В. Вывихи эндопротезов тазобедренного сустава. [Электронный ресурс]. 2013. URL: <http://vredenreadings.org/arc/28/Danilyak.pdf> (дата обращения: 03.07.2021).
5. Sanchez-Sotelo J. Hospital cost of dislocation after primary total hip arthroplasty / J. Sanchez-Sotelo, G.J. Haidukewich, C.J. Boberg // *JBJS*. – 2006. – Vol. 88-A, No 2. – P. 290-294.
6. Патент 15078 UA, МПК А61F 2/32. Эндопротез тазобедренного сустава / А.Е. Лоскутов, В.Е. Тарасов, А.Е. Олийник. – № 94096995; Заявл. 20.09.1994; Опубл. 30.06.1997. Бюл. № 3.
7. Song J.H. Use of a Constrained Acetabular Liner to Prevent and Treat Recurrent Dislocation after Total Hip Replacement Arthroplasty / J.H. Song, W.H. Kwon, S.B. Oh, K.H. Moong // *Orthop Surg*. – 2020. – Vol. 12, No 6. – P. 2004-2012.
8. Almubarak S. Lever-Out Resistance of Constrained Hip Liners is Sensitive to Changes in Opening Radius and Liner Design / S. Almubarak, S. Boruah, O.K. Muratoglu, K.V. Varadarajan // *J Orthop Res*. – 2019. – Vol. 37, No 7. – P. 1590-1595.
9. Noble P.C. Constrained Cups Appear Incapable of Meeting the Demands of Revision THA / P.C. Noble, S.K. Durrani, M.M. Usrey, K.B. Mathis, N.V. Bardakos // *Clin Orthop Relat Res*. – 2012. – Vol. 470. – P. 1907-1916.
10. Arthur J.A. Failure of a Constrained Acetabular Liner without Reinforcement Ring Disruption / J.A. Arthur, D.F. Amanatullah, G.D. Kennedy, P.E. Di Cesare // *Am J Orthop*. – 2013. – Vol. 43, No 12. – P. 566-568.
11. Williams J.T. Constrained components for the unstable hip following total hip arthroplasty: a literature review / J.T. Williams, P.S. Ragland, S. Clarke // *Int Orthop (SICOT)*. – 2007. – Vol. 31, No 3. – P. 273-277.
12. Sonohata M. Successful Closed Reduction of a Dislocated Constrained Total Hip Arthroplasty: A Case Report and Literature Review / M. Sonohata, W. Waewsawangwong, S.B. Goodman // *Open Orthop J*. – 2012. – Vol. 6. – P. 211-214.
13. Charissoux J.-L. Surgical management of recurrent dislocation after total hip arthroplasty / J.-L. Charissoux, Y. Asloun, P.-S. Marcheix // *Orthop Traumatol Surg Res*. – 2014. – Vol. 100, 1 Suppl. – P. 25-34.
14. Патент 2163107 RU, МПК А61F 2/36. Эндопротез тазобедренного сустава / Н.А. Корж, В.И. Пахалюк, М.И. Калинин, В.А. Филиппенко, Г.Д. Олиниченко. – № 99127670/14; Заявл. 27.12.1999; Опубл. 20.02.2001 Бюл. № 5.
15. DePuy Synthes. DURALOC Acetabular Cup System. Surgical Technique. [Электронный ресурс]. 2018. URL: http://synthes.vo.llnwd.net/o16/LLNWMB8/INT%20Mobile/Synthes%20International/Product%20Support%20Material/legacy_DePuy_PDFs/DSEM-JRC-0615-0317-2_LR.pdf (дата обращения: 03.07.2021).
16. Писаренко Г.С. Соппротивление материалов / Г.С. Писаренко, В.А. Агарев, А.Л. Квитка, В.Г. Попков, Э.С. Уманский. – Киев: Высшая школа, 1979. – 596 с.
17. Poliakov A.M. Calculation of a variable cross-section beam on an elastic foundation with two coefficients of compliance / A.M. Poliakov, P.K. Shtanko, V.I. Pakhaliuk // *J. Phys.: Conf. Ser.* 1353:012110. – 2019.

Пахалюк Владимир Иванович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,

канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник научной лаборатории «Биомеханика», ул. Университетская 33, г. Севастополь, 299053
Тел. +7 978 764 06 00
E-mail: pahaluk@sevsu.ru

Поляков Александр Михайлович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,

канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник научной лаборатории «Биомеханика», 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

MODELING OF DEFORMATION FOR THE POLYMER ACETABULAR LINER DURING MATING WITH THE HEAD OF A TOTAL HIP REPLACEMENT

Abstract. *In this work, we propose a design of the acetabular component (liner) of the spherical joint of a total hip joint replacement (THR), which simplifies its design with an increase in the degree of fixation of the femoral head in it, which reduces the likelihood of its dislocation from the liner, leading to obvious revision intervention. At the same time, a fairly large range of joint mobility is also preserved. To ensure the reliability of mating, the opening of the liner through which the head is installed, it is desirable to be located as far as possible from its diametrical plane. However, in such cases, it is necessary to ensure sufficiently large deformations of the liner during the installation of the head. The work evaluates the efforts applied to the head required for its mating*

with the liner; the results of numerical simulation of elastic deformation of a liner with a groove during the installation of the head are presented.

Keywords: total hip replacement (THR), THR head, THR acetabular component, liner deformation.

BIBLIOGRAPHY

1. Poliakov A. Current Trends in Improving of Artificial Joints Design and Technologies for Their Arthroplasty / A. Poliakov, V. Pakhaliuk, V.L. Popov // *Frontiers in Mechanical Engineering*. – 2020. – Vol. 6. – Art. 4. – 16 p.
2. Poliakov A. System Analysis and Synthesis of Total Hip Joint Endoprosthesis / A. Poliakov, V. Pakhaliuk, M. Kalinin, V. Kramar, M. Kolesova, O. Kovalenko // *Procedia Engineering*. – 2015. – Vol. 100. – P. 530-538.
3. Lachiewicz P.F. The Use of Constrained Components in Total Hip Arthroplasty / P.F. Lachiewicz // *J Am Ass Orthop Surg*. – 2002. – Vol. 10, No 4. – P. 233-238.
4. Danilyak V.V. Vyvikhi endoprotezov tazobedrennogo sustava. [Elektronnyy resurs]. 2013. URL: <http://vredenreadings.org/arc/28/Danilyak.pdf> (data obrashcheniya: 03.07.2021).
5. Sanchez-Sotelo J. Hospital cost of dislocation after primary total hip arthroplasty / J. Sanchez-Sotelo, G.J. Haidukewich, C.J. Boberg // *JBJS*. – 2006. – Vol. 88-A, No 2. – P. 290-294.
6. Patent 15078 UA, MPK A61F 2/32. Endoprotez tazobedrennogo sustava / A.Ye. Loskutov, V.Ye. Tarasov, A.Ye. Oliynyk. – № 94096995; Zayavl. 20.09.1994; Opubl. 30.06.1997. Byul. № 3.
7. Song J.H. Use of a Constrained Acetabular Liner to Prevent and Treat Recurrent Dislocation after Total Hip Replacement Arthroplasty / J.H. Song, W.H. Kwon, S.B. Oh, K.H. Moong // *Orthop Surg*. – 2020. – Vol. 12, No 6. – P. 2004-2012.
8. Almubarak S. Lever-Out Resistance of Constrained Hip Liners is Sensitive to Changes in Opening Radius and Liner Design / S. Almubarak, S. Boruah, O.K. Muratoglu, K.V. Varadarajan // *J Orthop Res*. – 2019. – Vol. 37, No 7. – P. 1590-1595.
9. Noble P.C. Constrained Cups Appear Incapable of Meeting the Demands of Revision THA / P.C. Noble, S.K. Durrani, M.M. Usrey, K.B. Mathis, N.V. Bardakos // *Clin Orthop Relat Res*. – 2012. – Vol. 470. – P. 1907-1916.
10. Arthur J.A. Failure of a Constrained Acetabular Liner without Reinforcement Ring Disruption / J.A. Arthur, D.F. Amanatullah, G.D. Kennedy, P.E. Di Cesare // *Am J Orthop*. – 2013. – Vol. 43, No 12. – P. 566-568.
11. Williams J.T. Constrained components for the unstable hip following total hip arthroplasty: a literature review / J.T. Williams, P.S. Ragland, S. Clarke // *Int Orthop (SICOT)*. – 2007. – Vol. 31, No 3. – P. 273-277.
12. Sonohata M. Successful Closed Reduction of a Dislocated Constrained Total Hip Arthroplasty: A Case Report and Literature Review / M. Sonohata, W. Waewsawangwong, S.B. Goodman // *Open Orthop J*. – 2012. – Vol. 6. – P. 211-214.
13. Charissoux J.-L. Surgical management of recurrent dislocation after total hip arthroplasty / J.-L. Charissoux, Y. Asloun, P.-S. Marcheix // *Orthop Traumatol Surg Res*. – 2014. – Vol. 100, 1 Suppl. – P. 25-34.
14. Patent 2163107 RU, MPK A61F 2/36. Endoprotez tazobedrennogo sustava / N.A. Korzh, V.I. Pakhaliuk, M.I. Kalinin, V.A. Filippenko, G.D. Olinichenko. – № 99127670/14; Zayavl. 27.12.1999; Opubl. 20.02.2001 Byul. № 5.
15. DePuy Synthes. DURALOC Acetabular Cup System. Surgical Technique. [Электронный ресурс]. 2018. URL: http://synthes.vo.llnwd.net/o16/LLNWMB8/INT%20Mobile/Synthes%20International/Product%20Support%20Material/legacy_DePuy_PDFs/DSEM-JRC-0615-0317-2_LR.pdf (data obrashcheniya: 03.07.2021).
16. Pisarenko G.S. Soprotivleniye materialov / G.S. Pisarenko, V.A. Agarev, A.L. Kvitka, V.G. Popkov, E.S. Umanskiy. – Kiyev: Vysshaya shkola, 1979. – 596 s.
17. Poliakov A.M. Calculation of a variable cross-section beam on an elastic foundation with two coefficients of compliance / A.M. Poliakov, P.K. Shtanko, V.I. Pakhaliuk // *J. Phys.: Conf. Ser.* 1353:012110. – 2019.

Pakhaliuk Vladimir Ivanovich

FSAEI HE “Sevastopol State University”,
Ph.D., Associate Professor, Leading researcher of the
"Biomechanics" research laboratory,
Universitetskaya Str. 33, Sevastopol, 299053
Phone: +7 978 764 06 00
E-mail: pahaluk@sevsu.ru

Poliakov Aleksandr Mikhailovich

FSAEI HE “Sevastopol State University”,
Ph.D., Associate Professor, Leading researcher of
the "Biomechanics" research laboratory,
Universitetskaya Str. 33, Sevastopol, 299053
Phone: +7 978 703 88 26
E-mail: a.m.poljakov @ sevsu.ru

СЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ И ИНСТРУМЕНТЫ»

УДК 629.7.062

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-97-102

В.Н. ЗИМИН, А.В. КРЫЛОВ, Г.Н. КУВЫРКИН, А.О. ШАХВЕРДОВ

ПРИВОД ИЗ МАТЕРИАЛА С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ ДЛЯ РАСКРЫТИЯ ТРАНСФОРМИРУЕМОЙ КОСМИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ

Аннотация. Крупногабаритные космические конструкции доставляются на космические орбиты в сложенном плотноупакованном виде, допускающем трансформацию конструкции из транспортного положения в раскрытое рабочее состояние. Процесс разворачивания трансформируемых конструкций происходит под воздействием силовых приводов, в качестве которых обычно используются различного рода пружины или электродвигатели. При проектировании такого класса космических конструкций необходимо учитывать возникающие при трансформации динамические нагрузки ударного характера. Для исключения динамических нагрузок на элементы раскрываемой конструкции предлагается использовать приводы из материала с эффектом памяти формы. В приводе применен активный элемент, изготовленный из проволоки материала никелида титана, нагреваемый в процессе работы путем пропускания через него электрического тока. Экспериментальные исследования активных элементов привода подтвердили возможность его использования для раскрытия трансформируемой космической конструкции.

Ключевые слова: трансформируемые космические конструкции, привод, эффект памяти формы, экспериментальные исследования.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования России (проект 0705-2020-0047).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лопатин А.В., Рутковская М.А. Обзор конструкций современных трансформируемых космических антенн (Часть 1) // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. 2007, № 2. С. 51-57.
2. Footdale, J. N., & Banik, J. (2016). System Design Study of a Deployable Reflector Antenna with Flexible Shell Segments. In 3rd AIAA Spacecraft Structures Conference (p. 0698).
3. Механика больших космических конструкций / Н.В. Баничук, И.И. Карпов, Д.М. Климов и др. М.: Изд-во «Факториал», 1997. 302 с.
4. Zikun Z., Zimin V.N., Krylov A.V., Churilin S.A. Investigation of dynamics of transformable space structure movement / AIP Conference Proceedings 2103, 020020 (2019); [https:// doi.org/10.1063/1.5099884](https://doi.org/10.1063/1.5099884).
5. Schiedeck F., Hemsell T., Wallaschek J. The use of shape memory alloy wires in actuators // Solid state Phenomena, 2006. Vol. 113. Pp. 195-198.
6. Riad, A., Ainamany, A. & Benzohra, M. (2017). The shape memory alloy actuator controlled by the Suns radiation. Materials Research Express, (4(7), 075701.
7. Likhachev, V. A., Razov, A. I., Cherniavsky, A. G., Kravchenko, Y., & Trusov, S. N. (1994, March). Truss mounting in space by shape memory alloys. In Proceedings of the First International Conference on Shape Memory and Superelastic Technologies, California, USA (pp. 245-248).
8. Karla S., Bhattacharya, B. & Munjal, B.S. (2017). Design of shape memory alloy actuated intelligent parabolic antenna for space applications. Smart Materials and Structures, 26(9), 095015.
9. Liang, C. & Rogers, C.A. (1997). Design of shape memory alloy actuators. Journal of Intelligent Material Systems and Structures, 8(4), 303-313.
10. Методика проектирования силовых приводов из материала с эффектом памяти формы для ракетно-космической техники / В. А. Барвинок, В. И. Богданович, А. А. Грошев и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 6. С. 272-277.

Зимин Владимир Николаевич
ФГБОУ ВО "МГТУ им. Н.Э. Баумана"
Доктор технических наук, старший научный
сотрудник, заведующий кафедрой
105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Тел. 8 499 261-01-07
E-mail: zimin@bmstu.ru

Крылов Алексей Владимирович
ФГБОУ ВО "МГТУ им. Н.Э. Баумана"
Кандидат технических наук, доцент
105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Тел. 8 499 261-01-07
E-mail: kav1982@bmstu.ru

Кувыркин Георгий Николаевич
ФГБОУ ВО "МГТУ им. Н.Э. Баумана"
Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой
105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Тел. 8 499 261-45-71
E-mail: gnk1914@mail.ru

Шахвердов Артур Олегович
ФГБОУ ВО "МГТУ им. Н.Э. Баумана"
Ассистент
105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Тел. 8 499 261-01-07
E-mail: shah@bmstu.ru

V.N. ZIMIN, A.V. KRYLOV, G.N. KUVYRKIN, A.O. SHAKHVERDOV

ACTUATOR MADE OF MATERIAL WITH SHAPE MEMORY EFFECT FOR DEPLOYMENT OF TRANSFORMABLE SPACE STRUCTURE

Abstract. Large-sized space structures are delivered into space orbits in a folded, tightly packed form allowing transformation of the structure from the transport position to the unfolded operating state. Deployment of the transformable structure is fulfilled by force drives which are usually various types of springs or electric motors. Designing such space structures, it is necessary to take into account dynamic impact loads that arise during the transformation. To avoid dynamic loads on the deploying structure elements, it is proposed to use actuators made of material with a shape memory effect. An active element made of titanium nickelide wire, which is heated during operation by the electric current passing through it, is used in the actuator. Experimental studies of the actuator active elements have proved that such actuators can be used for deployment of the transformable space structures.

Keywords: transformable space structures, actuator, shape memory effect, experimental studies.

BIBLIOGRAPHY

1. Lopatin A.V., Rutkovskaya M. A. [Overview of structures of the modern transformable space antennas (Part 1)]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta imeni akademika M.F. Reshetneva*, 2007, No. 2, P. 51-57 (In Russ.).
2. Footdale J. N., Banik J. System Design Study of a Deployable Reflector Antenna with Flexible Shell Segments. *3rd AIAA Spacecraft Structures Conference*, 2016, P. 0698.
3. Banichuk N.V., Karpov I.I., Klimov D.M., et al. *Mekhanika bolshikh kosmicheskikh konstruksiy* [Mechanics of Large Space Structures]. Moscow, FAKTORIAL Publ., 1997, 302 p.
4. Zikun Z., Zimin V.N., Krylov A.V., Churilin S.A. Investigation of dynamics of transformable space structure movement. *AIP Conference Proceedings*, 2019, 2103, 020020. Available at: <https://doi.org/10.1063/1.5099884>
5. Schiedeck F., Hemsel T., Wallaschek J. The use of shape memory alloy wires in actuators. *Solid State Phenomena*, 2006, Vol. 113, P. 195-198.
6. Riad A., Ainamany A., Benzohra M. The shape memory alloy actuator controlled by the Suns radiation. *Materials Research Express*, 2017, Vol. 4(7), 075701.
7. Likhachev V.A., Razov A.I., Cherniavsky A.G., Kravchenko Y., Trusov S.N. Truss mounting in space by shape memory alloys. *Proceedings of the First International Conference on Shape Memory and Superelastic Technologies*, 1994, California USA, P. 245-248.
8. Karla S., Bhattacharya B., Munjal B.S. Design of shape memory alloy actuated intelligent parabolic antenna for space applications. *Smart Materials and Structures*, 2017, 26(9), 095015.
9. Liang C., Rogers C.A. Design of shape memory alloy actuators. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 1997, Vol. 8(4), P. 303-313.
10. Barvinok V.A., Bogdanovich V.I., Groshev A.A., et al. [Method of designing force actuators made of shape memory material for rocket and space technology]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2013, Vol. 15, No. 6, P. 272-277 (In Russ.).

Zimin Vladimir Nikolaevich
Federal state budgetary institution of higher professional education "Bauman Moscow state technical University"
Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher,
Head of the Department
5/1, 2-nd Baumanskaya street, Moscow,
105005 Russian Federation
Tel. +7(499)261-0107
E-mail: zimin@bmstu.ru

Krylov Aleksey Vladimirovich
Federal state budgetary institution of higher professional education "Bauman Moscow state technical University"
Ph.D. in Engineering, Associate Professor
5/1, 2-nd Baumanskaya street, Moscow,
105005 Russian Federation
Tel. +7(499)261-0107
E-mail: kav1982@bmstu.ru

Kuvyrkin Georgy Nikolaevich
Federal state budgetary institution of higher professional education "Bauman Moscow state technical University"
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of the Department
5/1, 2-nd Baumanskaya street, Moscow,

Shakhverdov Artur Olegovich
Federal state budgetary institution of higher professional education "Bauman Moscow state technical University"
Assistant
5/1, 2-nd Baumanskaya street, Moscow,
105005 Russian Federation
Tel. +7(499)261-0107

105005 Russian Federation
Tel. +7(499)261-4571
E-mail: gnk1914@mail.ru

E-mail: shah@bmstu.ru

УДК 621.983

DOI:10.33979/2073-7408-2021-348-4-103-107

В.Ю. ЛАВРИНЕНКО, А.О. ПОЛЯКОВ

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОЛЬЦЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ СЖАТИЯ

Аннотация. На основе разработанной методики проектирования технологических процессов получения кольцевых деталей сжатием разработаны технологические процессы изготовления деталей «Фланец» и «Кольцо упорное», позволяющие повысить коэффициент использования материала (КИМ) и снизить расход материала. Проведен сравнительный анализ КИМ при изготовлении кольцевых деталей методами вырубки и пробивки колец с вырубкой и пробивкой овальной заготовки и последующим сжатием.

Ключевые слова: листовая штамповка, овальная заготовка, метод сжатия, кольцевая деталь, ресурсосберегающая технология.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов Е.И., Айрапетян А.С., Дёмин М.В. Новый способ получения кольца методом сжатия. Заготовительные производства в машиностроении. 2014. № 10. С. 15-18.
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. V. Yu. Lavrinenko, A.O. Polyakov, T.A. Mirvelyan. Development of the stamp design for ring-shaped parts manufacturing by compression method. Materials Today: Proceedings, Volume 19, Part 5, 2019, Pages 2106-2108.
4. Поляков А.О., Лавриненко В.Ю. Разработка методики проектирования технологических процессов изготовления деталей типа кольцо сжатием // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2020. № 4-2 (342). С. 61-68.
5. A.O. Polyakov, V.Yu. Lavrinenko, I.E. Semenov. Development of the design technique of technological processes for manufacturing of ring-shaped parts by compression // Materials Today: Proceedings. Volume 38, Part 4, 2021, Pages 1343-1347.

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
Ассистент кафедры «Технология обработки
материалов»
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр.1
Тел.: +7 (499) 267-02-36
E-mail: artemdrezna@mail.ru

V.Yu. LAVRINENKO, A.O. POLYAKOV

THE RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING RING-TYPE PARTS BY THE COMPRESSION METHOD

Abstract. On the basis of the developed methodology for designing technological processes for producing annular parts by compression, technological processes for manufacturing parts "Flange" and "Thrust ring" have been developed, which make it possible to increase the material utilization factor and reduce material consumption. A comparative analysis of material utilization factor in the manufacture of ring parts by punching and punching rings with punching and punching of an oval blank and subsequent compression.

Keywords: sheet stamping, oval billet, compression method, annular part, resource-saving technology.

BIBLIOGRAPHY

1. Semenov Ye.I., Avrapetyan A.S., Demin M.V. Novyy sposob polucheniya koltsa metodom szhatiya. Zagotovitelnyye proizvodstva v mashinostroyenii. 2014. № 10. S. 15-18.
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. V. Yu. Lavrinenko, A.O. Polyakov, T.A. Mirvelyan. Development of the stamp design for ring-shaped parts manufacturing by compression method. Materials Today: Proceedings, Volume 19, Part 5, 2019, Pages 2106-2108.

4. Polyakov A.O., Lavrinenko V.YU. Razrabotka metodiki proektirovaniya tekhnologicheskikh protsessov izgotovleniya detaley tipa koltso szhatiyem // Fundamentalnyye i prikladnyye problem tekhniki i tekhnologii. 2020. № 4-2 (342). S. 61-68.

5. A.O. Polyakov, V.Yu. Lavrinenko, I.E. Semenov. Development of the design technique of technological processes for manufacturing of ring-shaped parts by compression // Materials Today: Proceedings. Volume 38, Part 4, 2021, Pages 1343-1347.

Lavrinenko Vladislav Yurevich

Bauman Moscow State Technical University
Doctor of Tech. Science, Chief of Department
«Technology of material working»
105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya, 5
Tel.: +7 (499) 267-02-36
E-mail: vlavrinenko@bmstu.ru

Polyakov Artem Olegovich

Bauman Moscow State Technical University
Assistant of Department «Technology of material working»
105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya, 5
Tel.: +7 (499) 267-02-36
E-mail: artemdrezna@mail.ru

УДК 621.7

DOI:10.33979/2073-7408-2021-348-4-108-112

В.В. ЛЕОНТЬЕВ, В.П. КОЛОМИЙЧЕНКО

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛОЧЕНИЯ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ

Аннотация. С помощью программы ANSYS методом конечных элементов исследуется напряженно-деформированное состояние стальной проволоки в процессе волочения. Решена задача пластического течения металла в конической матрице-волоке. Постановка задачи – осесимметричная для различных положений проволоки относительно матрицы. Получены поля радиальных напряжений, осевых напряжений и эквивалентных пластических деформаций. Результаты позволяют перейти к исследованию влияния различных параметров волочения на напряженное состояние проволоки. Это даст возможность оптимизировать процесс волочения и предложить новые конструкции волок и способы смазки, снижающие износ и увеличивающие срок службы этого инструмента.

Ключевые слова: метод конечных элементов, волочение, пластическое течение, радиальные напряжения, осевые напряжения, эквивалентные пластические деформации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Качанов Л. М. Основы теории пластичности / Л. М. Качанов. – М.: Наука, 1969. – 420 с.
2. Колмогоров В. Л. Гидродинамическая подача смазки / В. Л. Колмогоров, С. И. Орлов, Г. Л. Колмогоров. – М.: Металлургия, 1975. – 256 с.
3. Шилц Р. Пластическое движение в сходящемся коническом канале // Сб. «Механика» - М.: Изд-во АН СССР, 1960. – С. 183-191
4. Хромов В. Г., Хромов И. В. Выбор аппроксимирующей функции для диаграммы растяжения материала в задачах технологической механики стержня // Вестник СевНТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. – Севастополь, 2007. – Вып. 80. – С. 20 – 22
5. Леонтьев В.В. Моделирование процесса волочения стальной канатной проволоки методом конечных элементов с помощью ANSYS // Динамика, надежность и долговечность механических и биомеханических систем и элементов их конструкций: матер. междунар. науч.-техн. конф., Севастополь, 8-11 сентября 2009 г.- Севастополь, 2009. - С. 160-163.
6. Леонтьев В. В., Хромов В.Г. Моделирование процесса волочения стальной канатной проволоки с учетом ее нагрева методом конечных элементов в ANSYS // Вестник СевНТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. - Севастополь, 2010. - Вып. 106. - С. 26-30.

Леонтьев Вячеслав Владимирович

ФГАОУ ВО Севастопольский Государственный
Университет, г. Севастополь
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры
«Техническая механика и машиноведение»
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
Тел. 8(978) 821-18-34
E-mail: vvleontyev@sevsu.ru

Коломийченко Виктория Павловна

Черноморское высшее военно-морское училище имени
П.С. Нахимова, г. Севастополь
Преподаватель кафедры
«Физика и общетехнические дисциплины»
299028, г. Севастополь, ул. Дыбенко, 1а
Тел. 8(978) 791-77-25
E-mail: mantulova@yandex.ru

V.V. LEONTYEV, V.P. KOLOMIYCHENKO

NUMERICAL SIMULATION OF STEEL WIRE DRAWING

Abstract. Using the ANSYS program, the stress-strain state of steel wire in the drawing process is investigated by the finite element method. The problem of plastic flow of metal in a conical matrix-fiber is solved. The problem statement is axisymmetric for different positions of the wire relative to the matrix. The fields of radial stresses, axial stresses and equivalent plastic deformations are obtained. The results allow us to proceed to the study of the influence of various drawing parameters on the stress state of the wire. This will make it possible to optimize the drawing process and offer new drawing designs and lubrication methods that reduce wear and increase the service life of this tool.

Keywords: finite element method, drawing, plastic flow, radial stresses, axial stresses, equivalent plastic deformations.

BIBLIOGRAPHY

1. Kachanov L. M. Osnovy teorii plastichnosti / L. M. Kachanov. – M.: Nauka, 1969. – 420 s.
2. Kolmogorov V. L. Gidrodinamicheskaya podacha smazki / V. L. Kolmogorov, S. I. Orlov, G. L. Kolmogorov. – M.: Metallurgiya, 1975. – 256 s.
3. Shilc R. Plasticheskoe dvizhenie v skhodyashchemsya konicheskom kanale // Sb. «Mekhanika» - M.: Izd-vo AN SSSR, 1960. – S. 183-191
4. Hromov V. G., Hromov I. V. Vybór approksimiruyushchej funkcii dlya diagrammy rastyazheniya materiala v zadachah tekhnologicheskoy mekhaniki sterzhnya // Vestnik SevNTU. Ser. Mekhanika, energetika, ekologiya: sb. nauch. tr. – Sevastopol, 2007. – Vyp. 80. – S. 20-22
5. Leontev V. V. Modelirovanie processa volocheniya stalnoj kanatnoj provoloki metodom konechnyh elementov s pomoshchyu ANSYS // Dinamika, nadezhnost i dolgovechnost mekhanicheskikh i biomekhanicheskikh sistem i elementov ih konstrukcij: mater. mezhdunar. nauch.-tekhn. konf., Sevastopol, 8-11 sentyabrya 2009 g. - Sevastopol, 2009. – S. 160-163.
6. Leontev V. V., Hromov V. G. Modelirovanie processa volocheniya stalnoj kanatnoj provoloki s uchedom ee nagreva metodom konechnyh elementov v ANSYS // Vestnik SevNTU. Ser. Mekhanika, energetika, ekologiya: sb. nauch. tr. - Sevastopol, 2010. – Vyp. 106. – S. 26-30.

Leontyev Vyacheslav Vladimirovich
Sevastopol State University, Sevastopol
Ph.D., Associate Professor
Department of Technical mechanics and machine science
299053, Sevastopol, Universitetskaya st., 33
Ph.: 8(978) 821-18-34
E-mail: vvleontyev@sevsu.ru

Kolomiychenko Viktorya Pavlovna
P. S. Nakhimov Higher Naval School, Sevastopol
Lecturer, Department of Physics and General technical disciplines
299028, Sevastopol, Dybenko st., 1a
Ph.: 8(978) 791-77-25
E-mail: mantulova@yandex.ru

УДК 621.7

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-113-117

В.В. ЛЕОНТЬЕВ, Е.В. КОНДРАТОВА

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТНОГО СЛОЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПРОЦЕССА ВОЛОЧЕНИЯ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ

Аннотация. С помощью программы COMSOL MULTIPHYSICS методом конечных элементов решается задача о напряженно-деформированном состоянии стальной проволоки в процессе волочения. Для описания контакта между проволокой и матрицей вводится особый контактный слой. Он состоит из материала, модуль продольной упругости которого в направлении, перпендикулярном контактирующим деталям, совпадает с модулем продольной упругости матрицы или проволоки, а в другом направлении – мал, как и модуль сдвига. При расчете получены поля радиальных напряжений, осевых напряжений и эквивалентных напряжений. Результаты решения задачи позволяют перейти к исследованию остаточных напряжений после волочения, а также влияния различных параметров волочения на напряженное состояние проволоки.

Ключевые слова: метод конечных элементов, контактная задача, волочение, пластическое течение, радиальные напряжения, осевые напряжения, эквивалентные напряжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Качанов Л. М. Основы теории пластичности / Л. М. Качанов. – М.: Наука, 1969. – 420 с.
2. Леонтьев В. В. Сходимость и точность метода конечных элементов при решении плоской упругой и упруго-пластической задач в FEMLAB // Вестник СевНТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. – Севастополь, 2008. – Вып. 88. – С. 26-29
3. Задачи контактного взаимодействия элементов конструкций / А. Н. Подгорный [и др.] – Киев: Наук. думка, 1989. – 232 с.
4. Шилц Р. Пластическое движение в сходящемся коническом канале // Сб. «Механика» - М.: Изд-во АН СССР, 1960. – С. 183-191

Леонтьев Вячеслав Владимирович

ФГАОУ ВО Севастопольский Государственный
Университет, г. Севастополь

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

299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33

Тел. 8(978) 821-18-34

E-mail: vvleontyev@sevsu.ru

Кондратова Елена Васильевна

Черноморское высшее военно-морское училище имени
П.С. Нахимова, г. Севастополь

Преподаватель кафедры «Физика и общетехнические
дисциплины»

299028, г. Севастополь, ул. Дыбенко, 1а

Тел. 8(978) 975-43-26

E-mail: leonardo1967@yandex.ua

V.V. LEONTYEV, E.V. KONDRATOVA

MODELING OF THE CONTACT LAYER IN THE STUDY OF THE STEEL WIRE DRAWING PROCESS

Abstract. *Using the COMSOL MULTIPHYSICS software, the problem of the stress-strain state of a steel wire during drawing is solved by the finite element method. A special contact layer is introduced to describe the contact between the wire and the matrix. It consists of a material whose modulus of longitudinal elasticity in the direction perpendicular to the contacting parts coincides with the modulus of longitudinal elasticity of the matrix or wire, and in the other direction is small, as is the shear modulus. During the calculation, the fields of radial stresses, axial stresses and equivalent stresses are obtained. The results of solving the problem allow us to proceed to the study of residual stresses after drawing, as well as to study the influence of various drawing parameters on the stressed state of the wire.*

Keywords: *finite element method, contact problem, drawing, plastic flow, radial stress, axial stress, equivalent stress.*

BIBLIOGRAPHY

1. Kachanov L. M. Osnovy teorii plastichnosti / L. M. Kachanov. – M.: Nauka, 1969. – 420 s.
2. Leontev V. V. Skhodimost i tochnost metoda konechnykh elementov pri reshenii ploskoj uprugoy i uprugoplasticheskoy zadach v FEMLAB // Vestnik SevNTU. Ser. Mekhanika, energetika, ekologiya: sb. nauch. tr. – Sevastopol, 2008. – Vyp. 88. – S. 26-29
3. Zadachi kontaktnogo vzaimodeystviya elementov konstrukcij / A. N. Podgornyy [i dr.] – Kiev: Nauk. dumka, 1989. – 232 s.
4. Shilc R. Plasticheskoe dvizhenie v skhodyashchemsya konicheskom kanale // Sb. «Mekhanika» - M.: Izd-vo AN SSSR, 1960. – S. 183-191

Leontyev Vyacheslav Vladimirovich

Sevastopol State University, Sevastopol

Ph.D., Associate Professor

Department of Technical mechanics and machine
science

299053, Sevastopol, Universitetskaya st., 33

Ph.: 8(978) 821-18-34

E-mail: vvleontyev@sevsu.ru

Kondratova Elena Vasilievna

P.S. Nakhimov Higher Naval School, Sevastopol

Associate Professor, Department of Physics and General
technical disciplines

299028, Sevastopol, Dybenko st., 1a

Ph.: 8(978) 975-43-26

E-mail: leonardo1967@yandex.ru

Л.А. ЛУЗГИН, Х.Ш. ГАЗИЗОВ, Р.Ш. ВАЛИЕВ

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ОСЕССИММЕТРИЧНОГО ИНСТРУМЕНТА

Аннотация. *Исследованы пути повышения прочности и долговечности осесимметричных конструкций в виде составных цилиндров собранных с натягом, на примере матриц для высадки деталей осесимметричной сложной формы; смоделирован процесс холодной высадки осесимметричных деталей сложного профиля и исследован характер изменения внутреннего давления по длине инструмента; разработана расчетная методика и программы для систем автоматизированного проектирования составных конструкций; предложены меры и рекомендации по проектированию многослойных цилиндров для повышения их долговечности.*

Ключевые слова: *составные матрицы собранные с натягом, прочность и долговечность составных цилиндров собранных с натягом; матрицы для холодной штамповки, проектирование матриц для холодной штамповки.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Х.Ш. Газизов, Р.Ш. Валиев, А.Н. Ермоленко. Исследование напряженно-деформированного состояния матриц для штамповки сложнопрофильных осесимметричных деталей. Мавлютовские чтения: Российская научно-техническая конференция, посвященная 80- летию со дня рождения чл.-кор. РАН, профессора Р.Р. Мавлютова: сб. трудов. Том 3. -Уфа: УГАТУ, 2006. -с.300-305
2. Овчинников С.В., Валиев Р.Ш., Газизов Х.Ш. и др. О напряженном состоянии составных цилиндров переменной жесткости. –Уфа: Вестник УГАТУ, 2011. Т.5, № 4 (44). –С. 95-97.
3. Жернаков В.С., Фаизов Ю.Р., Газизов Х.Ш. Проектирование многослойных цилиндров. Реестр программ для ЭВМ. 2015, №2015616826
4. Фаизов Ю. Р., Валиев Р. Ш., Газизов Х. Ш. О долговечности многослойных матриц для штамповки осесимметричных деталей. ИВУЗ Машиностроение, 2014, №8, с. 13–19.
5. Воробьев А.З., Олькин Б.И., Стебеньев В.Н. и др. Сопротивление усталости элементов конструкций. - М.: Машиностроение. -1990. 239 с.
6. Серенсен С.В., Когаев В.П., Шнейдерович Р.М. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность. – М.: Машиностроение, 1975. –488 с.
7. Жернаков В.С., Газизов Х.Ш., Валиев Р.Ш. и др. Контактное взаимодействие инструмента и заготовки при штамповке круглых деталей. Вестник УГАТУ, 2006. Т.7, № 1 (14). С. 192 – 195.
8. Ганаго О.А., Марченко В.Л., Ковтун В.В. Расчет и оптимизация конструкций осесимметричных матриц для холодной объемной штамповки// Кузнечно-штамповочное производство. 1985. № 9. – С. 21–24.
9. Шевелев Л.П.; Ильин М.И. Патент РФ № 2198761, кл. В 21 J 13/02, В 23 P11/02. Составная матрица., опубл. 20.02.2003.
10. Валиев Р.Ш., Фаизов Ю.Р., Жернаков В.С. и др. Патент РФ №2553736, кл. В 21 J 13/02, В 21 J 5/08. Матрица для высадки деталей сложного профиля., опубл. 27.09.2015.
11. Жернаков В.С., Валиев Р.Ш., Фаизов Ю.Р., и др. Патент РФ №2647434, кл. В 21 J 13/02, В 21 J 5/08. Матрица для высадки деталей сложного профиля., опубл. 15.03.2018.

Лузгин Леонид Андреевич
АО «УАПО» Холдинг
«Технодинамика»
Генеральный директор АО
«УАПО»
450076, г. Уфа, ул. Аксакова 97
Тел. (347) 229-22-39
E-mail: uapo@tdhc.ru

Газизов Хатиб Шарифзянович
ГОУ ВПО «УГАТУ», г.Уфа
Доктор технических наук,
профессор каф.
сопротивления материалов
450008, г.Уфа, ул. К.Маркса, 12
Тел. (347) 272-80-69
E-mail: sm.ugatu@mail.ru

Валиев Рафаил Шамилевич
АО «УАПО», Холдинг
«Технодинамика»
Кандидат технических наук,
главный специалист
450076, г. Уфа, ул. Аксакова 97
Тел. (347) 229-20-59
E-mail: valievrs@tdhc.ru

L.A. LUZGIN, H.SH. GAZIZOV, R.SH. VALIEV

STRESS-STRAIN STATE AXISYMMETRICAL DIE

Abstract. *The ways to increase strength and durability of axisymmetric pre-stressed multilayer cylinders were studied in this article. Cold forging dies for extrusion of complex shape parts is an example of such equipment. The process of complex shape part cold extrusion was modeled; the internal contact pressure along the interface between die and forged part is studied. In the result, the design procedure and specialized software were developed to allow automated design of complex multilayer equipment and structures. Several approaches and recommendations are proposed for multilayer cylinders design in order to increase it durability*

Keywords: Assembled multilayer pre-stressed cylinders, strength and durability of multilayer pre-stressed cylinders; cold forging dies, cold forging dies design.

BIBLIOGRAPHY

1. Kh.Sh. Gazizov, R.Sh.Valiev, A.N.Ermolenko. Study of cold forging dies stress-state for complex parts extrusion. Russian scientific and technical conference dedicated to 80-th anniversary of proff. R.R.Mavlutov: Vol 3. – Ufa: USATU, 2006. – P.300-305
2. Ovchinnikov S.V, Valiev R.Sh, Gazizov Kh.Sh. et al. About stress state of a multilayer cylinders with alternating rigidity. –Ufa: Vestnik USATU, 2011. Vol.5, Issue № 4 (44). –P.95-97.
3. Jernakov V.S. Faizov Yu.R., Gazizov Kh.Sh. Multilayer cylinder design. Software. 2015, registration №2015616826
4. Faizov Yu.R., Valiev R.Sh., Gazizov Kh., Sh., About durability of cold forging multilayer dies for axisymmetric parts. IVUZ Mashinostroenie, 2014, Issue №8, P.13–19.
5. Vorobyev A.Z. Olkin B.I. Stebnev V.N. et al. Fatigue resistance of structures. -M.: Mashinostroenie. -1990. 239 p.
6. Serensen S.V., Kogaev V.P., Shneiderovich R.M. Strength and design of machinery and equipment. – M.: Mashinostroenie, 1975. –488 p.
7. Jernakov V.S, Gazizov Kh.Sh, Valiev R.Sh et al, Contact interaction between tool and manufactured parts during cold extrusion of round shaped parts. Vestnik USATU, 2006. Vol.7, Issue № 1 (14). P.192 – 195.
8. Ganago O.A., Marchenko V.L. Kovtun V.V. Design and optimization of cold forging dies// Journal Forging and blanking manufacturing. 1985.Issue № 9. – P.21–24.
9. Shevelev L.P., Ilin M.I. Patent RF № 2198761, cl. B 21 J 13/02, B 23 P11/02. Assembled die., Published. 20.02.2003.
10. Valiev R.Sh., Faizov Yu.R., Jernakov V.S. et al. Patent RF №2553736, cl. B 21 J 13/02, B 21 J 5/08. Die for forging complex shaped parts., Published 27.09.2015.
11. Jernakov V.S., Valiev R, Sh, Faizov Yu. R. et al. Patent RF №2647434, cl. B 21 J 13/02, B 21 J 5/08. Die for forging complex shaped parts. Published 15.03.2018.

Luzgin Leonid Andreevich
JSC “Ufa Aggregate Production Association” (“Tekhnodinamika” holding), general director
450076, Ufa, Russia, Aksakov 97
Ph.: (347) 229-22-39
E-mail: uapo@tdhc.ru

Gazizov Khatib Sharifzyanovich
Ufa State Aviation Technical University
Professor,
450008, Ufa, Russia, K.Marks 12
Ph.: (347) 272-80-69
E-mail: sm.ugatu@mail.ru

Valiev Rafail Shamilevich
JSC “Ufa Aggregate Production Association” (“Tekhnodinamika” holding),
Ph.D., chief specialist
450076, Ufa, Russia, Aksakov 97
Ph.: (347) 229-20-59
E-mail: valievvrsh@tdhc.ru

УДК 666.3

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-124-130

А.А. МУХАМЕДЗЯНОВА, У.Ш. ШАЯХМЕТОВ, Н.Х. АЗАУГИЛЬДИНА, И.А. ИХСАНОВ

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОКЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПИРОФИЛЛИТ-СОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Аннотация. Применение минерала пирофиллита в производстве керамики и огнеупоров определяется рядом ценных технологических свойств: хорошей механической обрабатываемостью, высокой химической стойкостью, низким содержанием оксидов щелочных металлов и красящих оксидов, применением в качестве отощающей добавки и т.п. Представлены результаты исследования физико-химических процессов, протекающих при нагревании композиций на основе пирофиллитсодержащего сырья различными инструментальными методами. Установлены температуры дегидратации диаспора, серицита и каолинита, образования муллита из каолинита и перехода $\gamma \rightarrow \alpha$ -оксид алюминия. Определены температуры начала деформации керамических композиций на основе пирофиллитсодержащего сырья при нагреве образцов до 750°C и 1300°C. Рассчитан коэффициент расширения керамического материала на основе пирофиллитсодержащего сырья. В результате создана безобжиговая технология получения тонкостенных армированных трубчатых изделий с использованием фосфатного связующего. Данная технология применена для изготовления больших размеров по диаметру и длине трубчатых и профилированных изделий сложной конфигурации огнеупорного назначения.

Ключевые слова: огнеупорные материалы, нанокерамические композиции, пирофиллитсодержащее сырье, термообработка, физико-химические методы анализа, изменение структуры, прочность, деформация, безобжиговая технология.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Огнеупорные материалы. Структура, свойства, испытания: справочник / [Й. Алленштейн и др.; под ред. Г. Рочка, Х. Вутна; пер. с нем.]. – М.: Интермет Инжиниринг, 2010. – 392 с.;
2. Судакас Л.Г. Фосфатные вяжущие системы - СПб: РИА «Квинтет», 2008. - 260 с, ил.;
3. Шаяхметов У. Ш. Пиропиллит и материалы на его основе / У.Ш. Шаяхметов, А.Г. Мустафин, Р.А. Амиров. – М.: Наука, 2007. – 164 с.
4. Шаяхметов У.Ш. Пиропиллит как сырье для производства огнеупоров и технической керамики / У.Ш. Шаяхметов, А.Р. Мурзакова // Новые огнеупоры. – 2012. - № 3. – С. 20–22.

Мухамедзянова Альфия Ахметовна
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»,
доктор технических наук, доцент, заведующий
кафедрой технической химии и материаловедения,
450076, Республика Башкортостан, г.Уфа, ул. Заки
Валиди, д.32,
Тел. +7-347-228-62-55.
E-mail: alf6058@yandex.ru

Шаяхметов Ульфат Шайхизаманович
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»,
доктор технических наук, профессор, заведующий
кафедрой инженерной физики и физики материалов,
450076, Республика Башкортостан, г.Уфа, ул. Заки
Валиди, д.32,
Тел. +7-917-440-56-44,
E-mail: rusairu@ufanet.ru

Азаугильдина Наля Хабибрахмановна
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»,
магистр 2 года обучения по направлению «Химия,
физика и механика материалов»,
450076, Республика Башкортостан, г.Уфа, ул. Заки
Валиди, д.32,
Тел. +7-347-228-62-55,
E-mail: nelka.azaugildina@mail.ru

Ихсанов Иршат Айратович
Фонд перспективных исследований,
кандидат технических наук, руководитель проекта,
121059 Москва, Бережковская наб., д. 22, стр. 3,
Тел. +7-917-342-04-95,
E-mail: konversatom@yandex.ru

A.A. MUKHAMEDZYANOVA, U.Sh. SHAYAKHMETOV, N.Kh. AZAUGILDINA, I.A. IKHSANOV

CHANGES IN THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF NANOCERAMIC COMPOSITIONS BASED ON PYROPHYLLITE-CONTAINING RAW MATERIALS

Abstract. *The use of the pyrophyllite mineral in the production of ceramics and refractories is determined by a number of valuable technological properties: good machinability, high chemical resistance, low content of alkali metal oxides and coloring oxides, use as a thinning additive, etc. The results of a study of physico-chemical processes occurring when heating compositions based on pyrophyllite-containing raw materials by various instrumental methods are presented. The temperatures of dehydration of diaspore, sericite and kaolinite, the formation of mullite from kaolinite and the transition of $\gamma \rightarrow \alpha$ -aluminum oxide are determined. The temperatures of the beginning of deformation of ceramic compositions based on pyrophyllite-containing raw materials were determined when the samples were heated to 750°C and 1300°C. The coefficient of expansion of a ceramic material based on pyrophyllite-containing raw materials is calculated. As a result, an annealing-free technology of thin-walled reinforced tubular products using a phosphate binder was created.*

Keywords: *refractory materials, nanoceramic compositions, pyrophyllite-containing raw materials, heat treatment, physico-chemical methods of analysis, structure change, strength, deformation, non-firing technology*

BIBLIOGRAPHY

1. Ogneupornye materialy. Struktura, svoystva, ispytaniya: spravochnik / J.Allenshtejn i dr.; pod red. G.Rouchka, H.Vutnau; per. s nem.. – М.: Intermet Inzhiniring, 2010. – 392 s.;
2. Sudakas L.G. Fosfatnye vyazhushchie sistemy. - SPb: RIA «Kvintet», 2008.- 260 s, il.;
3. SHayahmetov U. SH. Pirofillit i materialy na ego osnove / U.SH. SHayahmetov, A.G. Mustafin, R.A. Amirov. — М.: Nauka, 2007. — 164 s.
4. SHayahmetov U.SH. Pirofillit kak syre dlya proizvodstva ogneuporov i tekhnicheskoy keramiki / U.SH. SHayahmetov, A.R. Murzakova // Novye ogneupory. — 2012. — № 3. — S. 20–22.

Mukhamedzyanova Alfiya Akhmetovna
FSBEI HE "Bashkir State University",

Shayakhmetov Ulfat Shaikhizamanovich
FSBEI HE "Bashkir State University",

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technical Chemistry and materials science, 450076, Republic of Bashkortostan, Ufa, st. Zaki Validi, 32, Tel. + 7-347-228-62-55, E-mail: alf6058@yandex.ru

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Engineering Physics and Materials Physics, 450076, Republic of Bashkortostan, Ufa, st. Zaki Validi, 32, Tel. + 7-917-440-56-44, E-mail: rusairu@ufanet.ru

Azaugildina Naliya Khabibrakhmanovna
Bashkir State University,
Master of 2 years of study in the direction of "Chemistry, Physics and Mechanics of Materials",
450076, Republic of Bashkortostan, Ufa, Zaki Validi str., 32,
Tel. +7-347-228-62-55,
E-mail: nelka.azaugildina@mail.ru

Ihsanov Irshat Ayratovich
Foundation for Advanced Research,
Candidate of Technical Sciences, Project Manager,
121059 Moscow, Berezhkovskaya nab., 22, p. 3,
Tel. +7-917-342-04-95,
E-mail: konversatom@yandex.ru

УДК 658.23

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-131-143

Т.Л. ЧЕМАКИНА, С.А. СИМЕНЕНКО

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОРПУСООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА В ЦЕХАХ СУДОСТРОИТЕЛЬНО-СУДОРЕМОНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация: Излагаются вопросы совершенствования технологии судостроительного и судоремонтного производства с целью увеличения объема выпускаемой продукции и улучшения ее качества в зависимости от уровня технической базы производства.

Ключевые слова: оптимальная схема, технологическое оборудование, планировка оборудования, автоматизированная транспортная система, рациональная планировка оборудования участков цеха

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Л.С. Ефремова, Т.Л. Чемакина, А.А. Раков. Сравнительный анализ различных форм организации судостроительного производства. Совершенствование проектирования и эксплуатации морских судов и сооружений: сборник докладов XII межвузовской науч.-техн. конф., Севастополь, 20-22 марта 2017 г. / М-во образования и науки РФ; Севастопольский государственный университет. – Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2017. – С. 48–50
2. Проектирование корпусообработывающего цеха: методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Проектирование цехов и верфей» студентами специальности 26.05.01 «Проектирование и постройка кораблей, судов и объектов океанотехники» всех форм обучения / Сост. Т. Л. Чемакина; Министерство науки и высшего образования РФ; Севастопольский государственный университет. – Севастополь: СевГУ, 2020. – 25 с. – Текст: электронный. URL: <http://lib.sevsu.ru:8080/xmlui/handle/123456789/9576>
3. Вознесенский А. А. Необходимость улучшения инвестиционного климата в судостроительном комплексе РФ в современных условиях // Известия СПбГЭУ. – 2015. – №4 (94). – С. 75-78.
4. Медведева В. Е., Шванева Ю. Ю. Проектирование цехов и верфей: учебно-методическое пособие // Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М. В. Ломоносова. – Архангельск: САФУ, 2017. – 75 с.
5. Огнев Н. В., Галочкин Д. А., Бурмистров Е. Г. Некоторые особенности оптимизации схем материальных потоков на отечественных судостроительных верфях // Научные проблемы водного транспорта. – 2012. – №31. – С. 73-77.
6. Мурзаев И.И., Бурмистров Е.Г. Анализ перспектив повышения конкурентоспособности верфей центра и юга России путём кооперирования их производственных возможностей // Вестник ВГАВТ. – 2016. – № 47.
7. Огнев Н.В., Бурмистров Е.Г. Особенности проектирования технологической оснастки для транспортировки крупногабаритных секций // Вестник ВГАВТ. – 2012 г. – № 31
8. Проватар А.Г. Технологическое проектирование корпусообработывающих цехов судостроительных предприятий [Текст] / В. Д. Горбач [и др.]; [науч. ред. Г. З. Марголин]. – Санкт-Петербург: ФГУП "ЦНИИТС", 2005 (Тип. ФГУП ЦНИИТС). – 145, [1] с

Чемакина Тамара Львовна
ФГАОУ ВО «СевГУ», г. Севастополь
Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Океанотехника и кораблестроение»
Тел. +7(978)219-80-91
e-mail: chemakina1951@gmail.com

Симененко Софья Андреевна
ФГАОУ ВО «СевГУ», г. Севастополь
Студент
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
Тел. +7(978)068-72-88
E-mail: andreysimenenkox@gmail.com

T.L. CHEMAKINA, S.A. SEMENENKO

DEVELOPMENT OF THE OPTIMAL LAYOUT OF THE EQUIPMENT IN THE DIVISIONS OF THE BODY-PROCESSING SHOP

Abstract: The issues of improving the technology of shipbuilding and ship repair production in order to increase the volume of products and improve their quality, depending on the level of the technical base of production, are presented.

Keywords: optimal scheme, technological equipment, equipment layout, automated transport system, rational equipment layout of workshop sections.

BIBLIOGRAPHY

1. Design of the hull-processing workshop: methodological guidelines for the implementation of practical work on the discipline "Design of workshops and shipyards" by students of the specialty 26.05.01 "Design and construction of ships, vessels and objects of ocean engineering" of all forms of training / Comp. T. L. Chemakina; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Sevastopol State University. - Sevastopol: SevSU, 2020 – 25 p. - Text: electronic.
2. Voznesensky A. A. The need to improve the investment climate in the shipbuilding complex of the Russian Federation in modern conditions // Izvestiya SPbGEU. – 2015. – №4 (94). – Pp. 75-78.
3. Medvedeva V. E., Shvaneva Yu. Yu. Designing workshops and shipyards: an educational and methodological guide // Sev. (Arctic) feder. Lomonosov Moscow State University. - Arkhangelsk: SAFU, 2017. - 75 p.
4. Ognev N. V., Galochkin D. A., Burmistrov E. G. Some features of optimization of material flow schemes at domestic shipyards // Scientific problems of water transport. - 2012.
5. Murzaev I. I., Burmistrov E. G. Analysis of prospects for increasing the competitiveness of shipyards in the center and south of Russia by cooperating their production capabilities//Vestnik VGAVT. – 2016. – № 47
6. Ognev N. V., Burmistrov E. G. Design features of technological equipment for transportation of large-sized sections// Vestnik VGAVT.-2012-No. 31
7. Provatar A. G. Technological design of hull-processing workshops of shipbuilding enterprises [Text] / V. D. Gorbach [et al.]; [scientific ed. G. Z. Margolin]. - St. Petersburg: FSUE "TSNIITS", 2005 (Type. FSUE TSNIITS). - 145
8. Vasiliev A. A., Guadin A. V., Levshakov V. M., Nevskaya A. N. Technology and technological equipment of hull-processing workshops of shipbuilding enterprises [Text] / A. A. Vasiliev, A. V. Guadin, V. M. Levshakov, A. N. Nevskaya; [scientific ed.: V. L. Alexandrov]. - St. Petersburg: JSC "TSSC", 2016. - 199 p.: ill., table., color. il.

Chemakina Tamara Lvovna
FSAOU VO "SevGU", Sevastopol
Candidate of Technical Sciences
Associate Professor of the Department
"Ocean Engineering and shipbuilding"
Tel. +7(978)219-80-91
e-mail: chemakina1951@gmail.com

Simenenko Sofiya Andreevna
FSAOU VO "SevGU", Sevastopol
Federal State Autonomous Educational Institution of
Higher Education "Sevastopol State University"
Student
Universitetskaya st., Sevastopol, 299053
Тел. +7(978)068-72-88
E-mail: andreysimenenkox@gmail.com

УДК 621.867.61

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-134-143

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

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТОРМОЗНЫХ МАГНИТНЫХ РОЛИКОВ ГРАВИТАЦИОННЫХ РОЛИКОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Аннотация. Одним из основных элементов безопасной эксплуатации гравитационных роликовых конвейеров, применяемых в стеллажах для паллет, является тормозной ролик. Наиболее перспективной конструкцией является тормозной ролик магнитного (вихретокового) типа. Основным параметром, определяющим тормозные функции тормозного магнитного ролика, а значит и скорость движения паллеты по гравитационному роликовому конвейеру является коэффициент магнитной вязкости. Проведена сравнительная экспериментальная оценка коэффициента магнитной вязкости вихретоковых тормозов двух конструктивных исполнений – дискового и центробежного. Установлено, что коэффициент магнитной вязкости для обоих конструктивных исполнений тормозов с увеличением воздушного зазора между проводящим телом и магнитами уменьшается при размещении магнитов как с одной, так и с обеих сторон проводящего тела, причем эта зависимость имеет экспоненциальный характер; для дискового тормоза при размещении магнитов с обеих сторон проводящего тела в 2,5-3 раза больше, чем с магнитом, расположенным с одной стороны диска; для центробежного тормоза при размещении магнитов с обеих сторон проводящего тела в 4-4,5 раза меньше по сравнению с проводящим телом в форме диска с магнитами с обеих сторон и в 1,5-2 раза по сравнению с проводящим телом в форме диска с магнитом с одной стороны.

Ключевые слова: паллета, гравитационный роликовый конвейер, магнитный (вихретоковый) тормозной ролик, коэффициент магнитной вязкости, проводящее тело, постоянный магнит, вихретоковый тормоз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафронов Е.В., Шарифуллин И.А., Носко А.Л. Устройства безопасной эксплуатации гравитационных роликовых конвейеров паллетного типа: монография / Е.В. Сафронов, И.А. Шарифуллин, А.Л. Носко. – М.: Университетская книга, Редакционно-издательский дом РосНОУ, 2018 – 72 с., ил.
2. Носко А.Л., Сафронов Е.В. Методика определения максимально допустимой скорости движения поддона на гравитационном роликовом конвейере // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2017. № 8 (689). С. 33-41.
3. Сафронов Е. В. Анализ конструкций тормозных роликов гравитационных конвейеров для паллет / Наземные транспортно-технологические средства: проектирование, производство, эксплуатация. Материалы I Всероссийской заочной научно-практической конференции. Чита, 2016. С. 53-62.
4. Мартыненко Ю. Г. Движение твердого тела в электрических и магнитных полях. М.: Наука. 1988. 368 с.
5. E. Simeu, D. Georges. Modeling and control of an eddy current brake // Control Engineering Practise, vol. 4, no. 1, pp. 19-26, 1996.
6. Hollowell, Thomas Culver; Kahl, Justin Tyme; Stanczak, Matthew Don; Wang, Yizhou. Eddy Current Brake Design for Operation with Extreme Back-drivable Eddy Current Motor // Mechanical Engineering Undergraduates, 2010.
7. Andrew H. C. Gosline, Vincent Hayward. Eddy Current Brakes for Haptic Interfaces: Design, Identification, and Control // IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, vol. 13, no. 6, pp. 669-677, 2008.
8. Ming Qian, P. Kachroo. Modeling and control of electromagnetic brakes for enhanced braking capabilities for automated highway systems // Proceedings of Conference on Intelligent Transportation Systems, Boston, MA, USA, 1997, pp. 391-396.
9. M.T. Thomson. Permanent Magnet Electrodynamics Brakes Design Principles and Scaling Laws // Online Symposium for Electronics Engineers.
10. Sharifullin I., Nosko A., Safronov E., Kirillov D. Experimental study of eddy current braking applicable to gravity roller conveyor // Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology. 2020. Vol. 342. No. 4-1. Pp. 106-116.
11. Ряховский О. А., Иванов С. С. Справочник по муфтам. Л.: Политехника, 1991. 384 с.
12. Озолин А.Ю. Торможение машин системами с постоянными магнитами [Текст]: дис. канд. техн. наук: 01.02.06 / А.Ю. Озолин. – СПб., 2009. – 134 с.
13. Неодимовые магниты // URL: <https://magnet-prof.ru/index.php/Disk/-/Sterzhen/Neodimovyyiy-magnit-disk-D8x5-mm-N45/flypage.tpl.html> (дата обращения 16.05.2021).
14. Электропроводность (удельная проводимость) // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Электропроводность/> (дата обращения: 16.05.2021).
15. Шарифуллин И.А., Сафронов Е.В., Носко А.Л. Разработка конструкции и оценка работоспособности тормозного ролика магнитного типа гравитационных конвейеров для поддонов с грузом // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2019. №4. С. 47-51.
16. Свойства меди // URL: <https://normis.com.ua/cuprum> (дата обращения 17.05.2021).

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) 263–65–92
E-mail: formyjob94@mail.ru

Сафронов Евгений Викторович

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Подъемно-транспортные системы»
105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Тел. (499) 263–65–92
E-mail: gen-s@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) 263–65–92
E-mail: dr.nosko@mail.ru

Кириллов Даниил Вячеславович

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Плазменные энергетические установки»
105005, г. Москва, Лефортовская наб., д. 1
Тел. (499) 263–63–89
E-mail: kirillovdrv@bmstu.ru

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

RESEARCH OF THE OPERATION OF MAGNETIC BRAKE ROLLERS OF GRAVITY ROLLER CONVEYORS

Abstract. One of the main elements of safe operation of gravity conveyors used in gravity racks for pallets is the brake roller. The most promising design is a brake roller of magnetic (eddy current) type. A mathematical model of the process of moving pallets on a magnetic brake roller is developed. The equation of the speed of movement of the pallets on the brake magnetic roller obtained. The main parameter that determines the braking functions of the brake magnetic roller, and therefore the speed of movement of the pallet on the gravity roller conveyor is the coefficient of

magnetic viscosity. A comparative experimental evaluation of the magnetic viscosity coefficient of eddy-current brakes of two designs - disk and centrifugal - has been carried out. It has been established that the coefficient of magnetic viscosity for both designs of brakes decreases with an increase in the air gap between the conductive body and the magnets when the magnets are placed on one and on both sides of the conductive body, and this dependence is exponential; for a disc brake, when magnets are placed on both sides of a conductive body, 2.5-3 times more than with a magnet located on one side of the disc; for a centrifugal brake when magnets are placed on both sides of a conducting body, 4-4.5 times less compared to a conducting body in the form of a disc with magnets on both sides and 1.5-2 times less than a conducting body in the form of a disc with a magnet one side.

Keywords: pallet, gravity roller conveyor, magnetic (eddy current) brake roller, magnetic viscosity coefficient, conductive body, permanent magnet, eddy current brake.

BIBLIOGRAPHY

1. Safronov E.V., Sharifullin I.A., Nosko A.L. Ustroystva bezopasnoy ekspluatatsii gravitatsionnykh rolikovykh konveyerov palletnogo tipa: monografiya / E.V. Safronov, I.A. Sharifullin, A.L. Nosko. - M.: Universitetskaya kniga, Redaktsionno-izdatelskiy dom RosNOU, 2018 - 72 p.
2. Nosko A.L., Safronov E.V. Metodika opredeleniya maksimalno dopustimoy skorosti dvizheniya poddona na gravitatsionnom rolikovom konveyere / Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroyeniye. 2017. no. 8 (689). pp. 33-41.
3. Safronov E.V. Analiz konstruksiy tormoznykh rolikov gravitatsionnykh konveyerov dlya pallet / Nazemnyye transportno-tekhnologicheskiye sredstva: proyektirovaniye, proizvodstvo, ekspluatatsiya. Materialy I Vserossiyskoy zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Chita, 2016. pp. 53-62.
4. Martynenko U. G. Dvizheniye tverdogo tela v elektricheskikh i magnitnykh polyakh. M.: Nauka. 1988. 368 p.
5. E. Simeu, D. Georges. Modeling and control of an eddy current brake // Control Engineering Practise, vol. 4, no. 1, pp. 19-26, 1996.
6. Hollowell, Thomas Culver; Kahl, Justin Tyme; Stanczak, Matthew Don; Wang, Yizhou. Eddy Current Brake Design for Operation with Extreme Back-drivable Eddy Current Motor // Mechanical Engineering Undergraduates, 2010.
7. Andrew H. C. Gosline, Vincent Hayward. Eddy Current Brakes for Haptic Interfaces: Design, Identification, and Control // IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, vol. 13, no. 6, pp. 669-677, 2008.
8. Ming Qian, P. Kachroo. Modeling and control of electromagnetic brakes for enhanced braking capabilities for automated highway systems // Proceedings of Conference on Intelligent Transportation Systems, Boston, MA, USA, 1997, pp. 391-396.
9. M.T. Thomson. Permanent Magnet Electrodynamical Brakes Design Principles and Scaling Laws // Online Symposium for Electronics Engineers.
10. Sharifullin I., Nosko A., Safronov E., Kirillov D. Experimental study of eddy current braking applicable to gravity roller conveyor // Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology. 2020. Vol. 342. No. 4-1. Pp. 106-116.
11. O. A. Ryakhovsky, S. S. Ivanov, Spravochnik po muftam (Politehnika, St. Petersburg, 1991)
12. Ozolin A.U. Tormozheniye mashin sistemami s postoyannymi magnitami [Tekst]: dis. kand. tekhn. nauk: 01.02.06 / A.U. Ozolin. - Spb., 2009. - 134 p.
13. Neodimovyye magnity // URL: <https://magnet-prof.ru/index.php/Disk/-/Sterzhen/Neodimovyy-magnit-disk-D8x5-mm.-N45/flypage.tpl.html> (data obrashcheniya 16.05.2021).
14. Elektroprovodnost (udel'naya provodimost) // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Elektroprovodnost> (data obrashcheniya: 16.05.2021).
15. Sharifullin I.A., Safronov E.V., Nosko A.L. Razrabotka konstruksii i otsenka rabotosposobnosti tormoznogo rolika magnitnogo tipa gravitatsionnykh konveyerov dlya poddonov s Грузом // Transport: nauka, tekhnika, upravleniye. Nauchnyy informatsionnyy sbornik. 2019. no. 4. pp. 47-51.
16. Svoystva medi // URL: <https://normis.com.ua/cuprum> (data obrashcheniya 17.05.2021).

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) 263-65-92
E-mail: formyjob94@mail.ru

Safronov Evgeniy Viktorovich

Bauman Moscow State Technical University, Moscow
Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department «Lifting and Transport Systems»
105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya ul., 5, str. 1
Ph.: (499) 263-65-92
E-mail: gen-s@mail.ru

Nosko Andrey Leonidovich

Bauman Moscow State Technical University, Moscow
D.Sc. of Engineering Sciences, Professor of the Department «Lifting and Transport Systems»
105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya ul., 5, str. 1
Ph.: (499) 263-65-92
E-mail: dr.nosko@mail.ru

Kirillov Daniil Vyacheslavovich

Bauman Moscow State Technical University, Moscow
Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department «Plasma Power Plants»
105005, Moscow, Lefortovskaya nab., d. 1
Ph.: (499) 263-63-89
E-mail: kirillovdv@bmstu.ru

М.С. ДЕНИСОВ

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЯЕМОГО ПРОЦЕССА ЛИТЬЯ С КРИСТАЛЛИЗАЦИЕЙ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Аннотация. *Различные виды воздействий, которые в терминах процессного подхода направлены на создание ценности, на придание металлопродукции комплекса более высоких потребительских свойств, изменяют значение термодинамических параметров. К их числу относятся температура, давление, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса и др. Процессы обработки связаны с затратами энергии, с движением, поэтому и задачи управления вправе представлять как задачи динамики, решаемые с использованием дифференциальных уравнений.*

В работе предлагается математическая модель процесса литья с кристаллизацией под давлением, где давление выступает как фактор, которым можно варьировать в широких пределах на различных этапах протекания процесса. Модель управляемого процесса построена на фазовых координатах. Эволюция состояния рассматриваемой системы представлена дифференциальными уравнениями. Разработана структурная схема системы управления.

Ключевые слова: *система управления, автоматизация, процесс литья, кристаллизация, давление, математическая модель, объект управления.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бернштейн М.Л. Термо-механическая обработка металлов и сплавов. М.: Металлургия. 1968. 596 с.
2. Вейник А.И. Метод приложения термодинамики необратимых процессов к решению задач литейного производства. Сборник «Теплообмен между отливкой и формой». Под ред. А.И. Вейника. – Минск: Вышэйшая школа. 1967. С.5-17.
3. Denisov, M. Development of Computerized Control System for Applying Pressure to Liquid and Crystallizing Metal. Proceedings - 2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020, 2020, стр. 110–114, 9208166.
4. Кирилин В.А., Сычев В.В., Шейдлин А.Е. Техническая термодинамика. – М.: Энергоатомиздат, 1983, – 416 с.
5. Баландин Г.Ф. Теория формирования отливки: Основы тепловой теории. Затвердевание и охлаждения отливки. Учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ, 1998. – 359 с.
6. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. Учебник (изд. 3-е). М.: Металлургия, 1978. 391 с.
7. Коростелев В.Ф. Теория, технология и автоматизация литья с наложением давления. М.: Издательство «Новые технологии», 2004. 224 с. ISBN.
8. Коростелев В.Ф. Управление процессами обработки металлов и сплавов по заданной траектории в пространстве состояний // Ж. Мехатроника, автоматизация, управление. 2013. №11. С.37-40.
9. Коростелев В.Ф. Технология литья с программным наложением давления. М.: Машиностроение, 2000. 204 с. ISBN 5-217-03063-1.
10. Денисов М.С. Управление процессом формирования свойств литых заготовок из сплава В95 в процессе опрессовки кристаллизующегося металла давлением. Вестник МГТУ «СТАНКИН», №1 (52), 2020, с. 38-45.
11. Денисов М.С. Автоматизированная система программного управления процессом наложения давления на жидкий и кристаллизующийся металл. Автоматизация. Современные технологии, 2020 №5, с. 234-240.
12. M.S. Denisov, "Modeling of Processes of Solidification of Metals under Conditions Imposing Pressure", Materials Science Forum, Vol. 945, pp. 603-610, 2019
13. Denisov M.S. The Control-and-Measuring System Built-in Automatic Control System by the Technical Casting Process with Piezocrystallization. Springer Nature Switzerland AG 2020 A. A. Radionov and A. S. Karandaev (Eds.): RusAutoCon 2019, LNEE 641, pp. 852–860, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39225-3_92.
14. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики в теории автоматического управления. М.: Машиностроение. 2004. 576 с.
15. Трубецков Д.И., Мчедлова Е.С., Красичков Л.В. Введение в теорию самоорганизации открытых систем. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2002. – 200 с.
16. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. Современные проблемы нелинейной динамики. – 2-е изд., испр. И дополн. – М.: Едиториал УССР, 2002. – 360 с.

Денисов Максим Сергеевич

Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,
канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматизация, мехатроника и робототехника»,

г. Владимир, ул. Горького 87,
+7-915-798-28-74,
denisovmaxim90@mail.ru

M.S. DENISOV

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF A CONTROLLED INJECTION MOLDING PROCESS WITH CRYSTALLIZATION UNDER PRESSURE

Abstract. Various types of impacts, which in terms of the process approach are aimed at creating value, at giving metal products a complex of higher consumer properties, change the value of thermodynamic parameters. These include temperature, pressure, enthalpy, entropy, Gibbs energy, etc. Processing processes are associated with energy costs, with movement, and therefore control problems can be represented as problems of dynamics, solved using differential equations.

The paper proposes a mathematical model of the casting process with crystallization under pressure, where the pressure acts as a factor that can be varied widely at different stages of the process. The controlled process model is based on phase coordinates. The evolution of the state of the system under consideration is represented by differential equations. A block diagram of the control system has been developed.

Keywords: control system, automation, casting process, crystallization, pressure, mathematical model, control object.

BIBLIOGRAPHY

1. Bernstein M. L. Thermo-mechanical processing of metals and alloys. 1968. 596 p.
2. Veynik A. I. Method of application of thermodynamics of irreversible processes to the solution of problems of foundry production. Collection "Heat exchange between casting and mold". Edited by A. I. Veynik. - Minsk: Higher School. 1967. p. 5-17.
3. Denisov, M. Development of Computerized Control System for Applying Pressure to Liquid and Crystallizing Metal. Proceedings-2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020, 2020, pp. 110-114, 9208166.
4. Kirilin V. A., Sychev V. V., Sheidlin A. E. Technical thermodynamics. - M.: Energoatomizdat, 1983, - 416 p.
5. Balandin G. F. Theory of casting formation: Fundamentals of thermal theory. Solidification and cooling of the casting. Textbook for universities. - Moscow: MSTU Publishing House, 1998. - 359 p.
6. Novikov I. I. Theory of heat treatment of metals. Textbook (3rd ed.). Moscow: Metallurgiya, 1978. 391 p.
7. Korostelev V. F. Theory, technology and automation of casting with pressure application. Moscow: Publishing House "New Technologies", 2004. 224 p. ISBN.
8. Korostelev V. F. Control of processes of processing of metals and alloys on a given trajectory in the space of states // Zh. Mechatronics, automation, control. 2013. No. 11. p. 37-40.
9. Korostelev V. F. Technology of casting with software pressure overlay. M.: Mashinostroenie, 2000. 204 p. ISBN 5-217-03063-1.
10. Denisov M. S. Control of the process of forming the properties of cast blanks from alloy B95 in the process of pressure testing of crystallizing metal. Bulletin of the MOSCOW State Technical University "STANKIN", №1 (52), 2020, pp. 38-45.
11. Denisov M. S. Automated system of software control of the process of applying pressure to liquid and crystallizing metal. Automation. Modern Technologies, 2020 No. 5, pp. 234-240.
12. M. S. Denisov, "Modeling of Processes of Solidification of Metals under Conditions Imposing Pressure", Materials Science Forum, Vol. 945, pp. 603-610, 2019
13. Denisov M.S. The Control-and-Measuring System Built-in Automatic Control System by the Technical Casting Process with Piezocrystallization. Springer Nature Switzerland AG 2020 A. A. Radionov and A. S. Karandaev (Eds.): RusAutoCon 2019, LNEE 641, pp. 852-860, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39225-3_92
14. Krutko P. D. Inverse problems of dynamics in the theory of automatic control. Moscow: Mashinostroenie. 2004. 576 p.
15. Trubetskov D. I., Mchedlova E. S., Krasichkov L. V. Introduction to the theory of self-organization of open systems. - Moscow: Publishing House of Physical and Mathematical literature, 2002. - 200 p.
16. Malinetsky G. G., Potapov A. B. Modern problems of nonlinear dynamics. - 2nd ed., ispr. And supplement. - M.: Editorial of the Ukrainian SSR, 2002. - 360 p.

Denisov Maxim Sergeevich

Vladimir State University named after A. G. and N. G. Stoletov,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automation,
Mechatronics and Robotics, 87 Gorky Street, Vladimir,
+7-915-798-28-74,

Л.И. КУКСЕНОВА, С.А. ПАХОМОВА, М.С. АЛЕКСЕЕВА, Д.А. КОЗЛОВ

ВЛИЯНИЕ АЗОТИРОВАНИЯ НА ПРОТИВОЗАДИРНУЮ СТОЙКОСТЬ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ПРИ КОНТАКТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ

Аннотация. Исследовали пары реверсивного трения скольжения и пары, имитирующие условия работы зубчатых колес при линейном контакте с проскальзыванием роликовых образцов. Оценивали интенсивность изнашивания (I_h), коэффициент трения (f), предельно допустимую нагрузку (P_d), определяющую несущую способность контакта, и критическое давление ($P_{кр}$), при котором формируются задиры и схватывание. Показано, что при скорости скольжения 0,19 м/с для пары с азотированным слоем $P_d = 40$ Мпа, $P_{кр} \geq 40$ Мпа, $I_h = 0,8 \cdot 10^{-9}$, $f = 0,10$; с цементованным - $P_d = 20$ Мпа, $P_{кр} = 25$ Мпа, $I_h = 1,4 \cdot 10^{-9}$, $f = 0,13$. Противозадирная стойкость, для пар с азотированным образцом на 25-30% выше. Экспериментальная оценка несущей способности сопряжения, критической нагрузки, при которой формируются задиры, показала более высокую эффективность азотирования по сравнению с цементацией. Сформулированы положения по структуре азотированного слоя, обеспечивающей повышение работоспособности пары трения: формирование над диффузионной зоной поверхностного слоя, состоящего из ϵ -фазы ($Fe_{2-3}N$) в нанокристаллическом состоянии. Высказана термодинамическая гипотеза влияния азотирования на противозадирную стойкость стальных поверхностей трения.

Ключевые слова: трение, износ, противозадирная стойкость, азотирование, цементация, стали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дроздов, Ю.Н. Трение и противозадирная стойкость тяжело нагруженных пар / Ю.Н. Дроздов // Трение и износ. – 1980. – Т.1. – №1. – С.120 – 125.
2. Эйкин, Л.С. Расчет толщины упругодинамической пленки смазки для силовых зубчатых передач / Л.С. Эйкин // Проблемы трения и смазки. – 1974. – № 3. – С. 137 – 142.
3. Blok, H. Seizure delay method for determining the protection against scuffing adboarded by extreme pressure lubricants / H. Blok // J.Soc.of Auto Engrs. – 1939. – V.44. – №5. P.193 – 210.
4. Матвеевский, Р.М. Противозадирная стойкость смазочных сред при трении в режиме граничной смазки / Р.М. Матвеевский, И.А. Буяновский., О.В. Лазовская. – М.: Наука, 1978. – 192 с.
5. Дроздов, Ю.Н. Новый критерий расчета зубчатых передач на заедание / Ю.Н. Дроздов, Ю.А. Гавриков // Вестник машиностроения. – 1967. – №7. – С.24 – 27.
6. Семенов, А.П. Схватывание металлов и методы его предотвращения при трении / А.П. Семенов // Трение и износ. – 1980. – Т.1. – №2. – С. 236 – 246.
7. Гегузин, Я.Е. О взаимном схватывании металлов при высоких температурах под давлением / Я.С. Гегузин, И.В. Крагельский, Л.Н. Парицкая. // О природе схватывания твердых тел. – М.: Наука, 1968. – С. 17 – 21.
8. Герасимов, С.А. Повышение характеристик механических свойств теплостойких сталей методом активации процесса азотирования / С.А. Герасимов, Л.И. Куксенова, В.Г. Лаптева, Р.С. Фахуртдинов, М.С. Алексеева, В.Д. Данилов, А.Е. Смирнов, В.И. Громов // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2014. – №2. – С.90 – 96.
9. Герасимов, С.А. Механические свойства теплостойких сталей после активизации процесса цементации / С.А. Герасимов, Л.И. Куксенова, В.Г. Лаптева Р.С. Фахуртдинов, В.Д. Данилов, Ю.И. Щербаков, М.С. Алексеева, А.Е. Смирнов, В.И. Громов // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2014. – №4. – С.113 – 119.
10. Смирнов, А.Е. Комбинированная химико-термическая обработка зубчатых колес из дисперсионно-твердеющей комплексно-легированной стали 13Х3Н3М2ВФБ-Ш для повышения твердости поверхности, износостойкости и контактной выносливости / А.Е. Смирнов, А.С. Мохова, М.Ю. Семенов, Л.И. Куксенова, Р.С. Фахуртдинов // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2017. – №4. – С.95 – 100.
11. Петрусевич, А.И. Контактная прочность деталей машин / А.И. Петрусевич. – М.: машиностроение, 1970. – 64 с.
12. Зинченко, В.М. Инженерия поверхности зубчатых колес методами химико-термической обработки / В.М. Зинченко. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 303 с.
13. Березина, Е.В. Разработка технологии формирования наноструктурированного азотированного слоя конструкционных сталей для повышения их износостойкости / Е.В. Березина // Автореферат дис. канд. техн. наук. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 16с.

14. Любарский, И.М. Металлофизика трения / И.М.Любарский, Л.С.Палатник. – М.: Металлургия, 1976. – 176 с.
15. Герасимов, С.А. Структура и износостойкость азотированных конструкционных сталей и сплавов / С.А.Герасимов, Л.И.Куксенова, В.Г.Лаптева. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2014. – 518 с.
16. Герасимов, С.А. Влияние нанокристаллической фазы нитридов железа на износостойкость азотированной стали 38Х2МЮА / С.А.Герасимов, Л.И.Куксенова, В.С.Крапошин, И.В.Лисоцкий, Е.В.Березина, В.Г.Лаптева // Машиностроительные технологии: Матер. всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – М.: ИМАШ РАН – 2010. – С. 216 – 218.
17. Жуховицкий, А.А. Физическая химия / А.А.Жуховицкий, Л.А.Шварцман. – М.: Металлургия, 1987. – 704 с.

Куксенова Лидия Ивановна

ИМАШ им. А.А.Благоднарова РАН
Доктор технических наук, профессор, гл.научн.сотр.,
зав.лаб. Методов и технологий упрочнения
101000, Россия, Москва, Малый Харитоньевский пер., 4
8-910-426-08-56
lkukc@mail.ru

Алексеева Мария Сергеевна

ФГУП ВИАМ
Кандидат технических наук, Вед.научный сотрудник
105005, Россия, Москва, ул. Радио, д.17
8-915-340-33-86
alekseeva_ms@list.ru

Пахомова Светлана Альбертовна

МГТУ им. Н.Э.Баумана
Кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Материаловедение»
105005 Россия, Москва, ул. 2-я Бауманская, д.5,
МГТУ им. Н.Э.Баумана,
8-916-342-91-27
mgту2013@yandex.ru

Козлов Дмитрий Александрович

ИМАШ им. А.А.Благоднарова РАН
Кандидат технических наук, Научный сотрудник
101000, Россия, Москва, Малый Харитоньевский
пер., 4
8-916-823-58-39
koslov74@mail.ru

L.I. KUKSENOVA, S.A. PAKHOMOVA, M.S. ALEKSEEVA, D.A. KOZLOV

INFLUENCE OF NITRIDING ON SEIZURE RESISTANCE OF STRUCTURAL STEELS DURING CONTACT INTERACTION

Abstract. *We investigated pairs of reverse sliding friction and pairs that simulate the operating conditions of gear wheels in linear contact with sliding of roller samples. The intensity of wear (I_h), the coefficient of friction (f), the maximum permissible load (P_d), which determines the bearing capacity of the contact, and the critical pressure (P_{cr}), at which seizure are formed, were evaluated. It is shown that at a sliding speed of 0.19 m / s for a pair with a nitrided layer $P_d = 40$ MPa, $P_{cr} \geq 40$ MPa, $I_h = 0.8 \cdot 10^{-9}$, $f = 0.10$; cemented - $P_d = 20$ MPa, $P_{cr} = 25$ MPa, $I_h = 1.4 \cdot 10^{-9}$, $f = 0.13$. Anti-seize resistance for pairs with a nitrided sample is 25-30% higher. An experimental assessment of the bearing capacity of the interface, the critical load at which scuffs are formed, showed a higher efficiency of nitriding in comparison with carburizing. The provisions on the structure of the nitrided layer are formulated, providing an increase in the performance of the friction pair: the formation of a surface layer above the diffusion zone, consisting of the ϵ -phase ($Fe_{2-3}N$) in the nanocrystalline state. A thermodynamic hypothesis of the effect of nitriding on the seizure resistance of steel friction surfaces is formulated.*

Keywords: *friction, wear, seizure resistance, nitriding, carburizing, steels.*

BIBLIOGRAPHY

1. Drozdov, YU.N. Trenie i protivozadirnaya stojkost tyazhelonagruzhennyh par / YU.N.Drozdov // Trenie i iznos. – 1980. – T.1. – №1. – S.120 – 125.
2. Ejkin, L.S. Raschet tolshchiny uprugodinamicheskoy plenki smazki dlya silovyh zubchatyh peredach / L.S.Ejkin // Problemy treniya i smazki. – 1974. – № 3. – S. 137–142.
3. Blok, H. Seizure delay method for determining the protection against scuffing adboarded by extreme pressure lubricants / H. Blok // J.Soc.of Auto Engrs. 1939. V.44. №5. P. 193 – 210.
4. Matveevskij, R.M. Protivozadirnaya stojkost smazochnyh sred pri trenii v rezhime granichnoj smazki / R.M.Matveevskij, I.A.Buyanovskij., O.V.Lazovskaya. – М.: Nauka, 1978. – 192 с.
5. Drozdov, YU.N. Novyj kriterij rascheta zubchatyh peredach na zaedanie / YU.N.Drozdov, YU.A. Gavrikov // Vestnik mashinostroeniya. – 1967. – №7. – S.24 – 27.
6. Semenov, A.P. Skhvatyvanie metallov i metody ego predotvrashcheniya pri trenii / A.P.Semenov // Trenie i iznos. – 1980. – T.1. - №2. – S. 236 – 246.

7. Geguzin, YA.E. O vzaimnom skhvatyvani metallov pri vysokih temperaturah pod davleniem / YA.S.Geguzin, I.V.Kragelskij, L.N.Parickaya. // O prirode skhvatyvaniya tverdyh tel.- M.: Nauka, 1968. – S. 17 – 21.
8. Gerasimov, S.A. Povyshenie harakteristik mekhanicheskikh svojstv teplostojkikh stalej metodom aktivacii processa azotirovaniya / S.A.Gerasimov, L.I. Kuksenova, V.G.Lapteva, R.S. Fahurtdinov, M.S.Alekseeva, V.D.Danilov, A.E. Smirnov, V.I. Gromov // Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin. – 2014. – №2. – S.90 – 96.
9. Gerasimov, S.A. Mekhanicheskie svojstva teplostojkikh stalej posle aktivizacii processa cementacii / S.A.Gerasimov, L.I. Kuksenova, V.G.Lapteva R.S.Fahurtdinov, V.D. Danilov, YU.I.Shcherbakov, M.S.Alekseeva, A.E.Smirnov, V.I. Gromov // Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin. – 2014. – №4. – S.113 – 119.
10. Smirnov, A.E. Kombinirovannaya himiko-termicheskaya obrabotka zubchatyh koles iz dispersionno-tverdeyushchej kompleksno-legirovannoj stali 13H3N3M2VFB-SH dlya povysheniya tverdosti poverhnosti, iznosostojkosti i kontaktnoj vynoslivosti / A.E.Smirnov, A.S.Mohova, M.YU.Semenov, L.I.Kuksenova, R.S.Fahurtdinov // Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin. – 2017. – №4. – S.95 – 100.
11. Petrusevich, A.I. Kontaktnaya prochnost detalej mashin / A.I.Petrusevich. – M.: Mashinostroenie, 1970. – 64 s.
12. Zinchenko, V.M. Inzheneriya poverhnosti zubchatyh koles metodami himiko-termicheskoy obrabotki / V.M.Zinchenko. – M.: MGTU im. N.E.Baumana, 2001. – 303 s.
13. Berezina, E.V.Razrabotka tekhnologii formirovaniya nanostrukturirovannogo azotirovannogo sloya konstrukcionnyh stalej dlya povysheniya ih iznosostojkosti / E.V.Berezina // Avtoreferat dis. kand. tekhn. nauk. – M.: MGTU im. N.E.Baumana, 2007. – 16s.
14. Lyubarskij, I.M. Metallofizika treniya / I.M.Lyubarskij, L.S.Palatnik. – M.: Metallurgiya, 1976. – 176 s.
15. Gerasimov, S.A. Struktura i iznosostojkost azotirovannyh konstrukcionnyh stalej i splavov / S.A.Gerasimov, L.I.Kuksenova, V.G.Lapteva. – M.: MGTU im. N.E.Baumana, 2014. – 518 s.
16. Gerasimov, S.A. Vliyanie nanokristallicheskoj fazy nitridov zheleza na iznosostojkost azotirovannoj stali 38H2MYUA / S.A.Gerasimov, L.I.Kuksenova, V.S.Kraposhin, I.V.Lisockij, E.V.Berezina, V.G.Lapteva // Mashinostroitelnye tekhnologii: Mater. vsrossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. – M.: IMASH RAN – 2010. – S. 216 – 218.
17. ZHuhovickij, A.A. Fizicheskaya himiya / A.A.ZHuhovickij, L.A. SHvarcman. – M.: Metallurgiya, 1987. – 704 s.

Kuksenova Lidiya Ivanovna

IMASH im. A.A.Blagonravova RAN
Doktor tekhnicheskikh nauk. professor. gl.nauchn.sotr..
zav.lab. Metodov i tekhnologiy uprochneniya
101000. Rossiya. Moskva. Malyy Kharitonyevskiy per.. 4
8-910-426-08-56
lkukc@mail.ru

Pakhomova Svetlana Albertovna

MGTU im. N.E.Baumana
Kandidat tekhnicheskikh nauk. dotsent. dotsent kafedry
«Materialovedeniye»
105005 Rossiya. Moskva. ul. 2-ya Baumanskaya. d.5.
MGTU im. N.E.Baumana.
8-916-342-91-27
mgtu2013@yandex.ru

Alekseeva Mariya Sergeevna

FGUP VIAM
Kandidat tekhnicheskikh nauk Ved.nauchnyj sotrudnik
105005, Rossiya, Moskva, ul. Radio, d.17
8-915-340-33-86
alekseeva_ms@list.ru

Kozlov Dmitriy Aleksandrovich

IMASH im. A.A.Blagonravova RAN
Kandidat tekhnicheskikh nauk
Nauchnyj sotrudnik
101000, Rossiya, Moskva, Malyj Haritonevskiy per., 4
8-916-823-58-39
koslov74@mail.ru

УДК 658.512.011.56

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-164-169

А.В. НЕМЕНКО, М.М. НИКИТИН

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛА ИЗДЕЛИЯ ПРИ ЕГО МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Аннотация. В работе предложен метод оценки структурных характеристик материала изделия при его механической обработке. Рассматривается процесс, при котором структурные показатели не могут быть точно определены без разрушения детали, но с некоторой степенью достоверности могут быть установлены по косвенным параметрам. Существует (в частности, по результатам разрушающих испытаний) связь между известным косвенным и неизвестным (скрытым) искомым параметрами, причем в наиболее общем виде эта связь носит индетерминированный характер. Известный параметр полагается непрерывным, количественной характеристикой рассматриваемой связи служит функция распределения вероятности принятия скрытым параметром заданного значения при известном значении измеримого параметра. В такой постановке задачи структурная реорганизация материала детали в течение обработки может быть описана марковским

случайным блужданием между поглощающими уровнями, которым соответствует приобретение деталью требуемых свойств и неустраняемое их искажение. Для непосредственной оценки скрытых характеристик процесса по его известным проявлениям предложена скрытая марковская модель рассматриваемой структурной реорганизации, использующая непрерывное фазовое пространство состояний. На её основе получены формулы для вероятностей благоприятного и неблагоприятного исходов обработки в смысле получения изделия с заданными характеристиками, позволяющие внести управляющее воздействие в процесс на его ранних стадиях с целью повышения доли выхода годных изделий.

Ключевые слова: механическая обработка, контроль по косвенным параметрам, скрытая марковская модель, непрерывное фазовое пространство состояний, случайное блуждание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A. Javidi, U. Rieger, W. Eichlseder, The effect of machining on the surface integrity and fatigue life, International Journal of Fatigue, Volume 30, Issues 10–11, 2008, P. 2050-2055.
2. W. Zhang, Kewei Fang, Y. Hu, S. Wang, X.Wang, Effect of machining-induced surface residual stress on initiation of stress corrosion cracking in 316 austenitic stainless steel, Corrosion Science, Volume 108, 2016, P. 173-184.
3. Неменко А.В. Прикладные вопросы оценки технического состояния судовых механических систем/АВ. Неменко, М.М Никитин, М.: Инфра-М, 2017. – 172 с.
4. Dymarsky P. (Ed). Hidden Markov Models. Theory and Applications. InTech, 2011. - 324 p.
5. Nemenko A.V., Nikitin M.M. Forecast estimator of surface machining completion. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2019, vol. 709, # 022006.
6. L. R. Rabiner. A tutorial on hidden Markov models and selected applications in speech recognition, in *Proceedings of the IEEE*, vol. 77, no. 2, pp. 257-286, Feb. 1989, doi: 10.1109/5.18626.
7. Elliott R.J., Aggoun L., Moore J.B. Hidden Markov Models. Estimation and Control. Springer, 1995. — 302 p.
8. Ross S. M. Introduction to Probability Models. 9-th ed. /S.M. Ross – Elsevier, 2007 – 782 p.
9. Ван-дер-Варден Б.Л. Алгебра. /Б. Л. Ван-дер-Варден – М.:Мир, 1976.– 648 с.
10. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. М.: 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
Преподаватель кафедры «Высшая математика»
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
Тел. +79788150316
E-mail: m.nikitin.1979@gmail.com

A.V. NEMENKO, M.M. NIKITIN

EVALUATION OF PRODUCT STRUCTURE TRANSFORMATION WHILE MACHINING

Abstract. The paper proposes a method for evaluation of the structural and mechanical characteristics of the product material during machining. A process is considered in which the indicators of interest cannot be accurately determined without destroying the part, but with a certain degree of reliability can be established by indirect parameters. There is (in particular, according to the results of destructive tests) a connection between the known indirect and unknown (hidden) sought parameters, and in the most general form this connection is of an indeterminate nature. The known parameter is assumed to be continuous, the quantitative characteristic of the considered connection is the distribution function of the probability that the hidden parameter will accept a given value with a known value of the measurable parameter. In this formulation of the problem, the structural and mechanical reorganization of the material of the part during processing can be described by a Markov random walk between absorbing levels, which corresponds to the acquisition of the required properties by the part and their irreparable distortion. For a direct assessment of the hidden characteristics of the process by its known manifestations, a hidden Markov model of the considered structural and mechanical reorganization is proposed, using a continuous phase space of states. On its basis, formulas were obtained for the probabilities of favorable and unfavorable outcomes of processing, which make it possible to introduce a control action into the process at its early stages in order to increase the proportion of the yield of suitable products.

Keywords: robotic machining, control by indirect parameters, hidden Markov model, continuous phase state space, random walk

BIBLIOGRAPHY

1. A. Javidi, U. Rieger, W. Eichlseder, The effect of machining on the surface integrity and fatigue life, International Journal of Fatigue, Volume 30, Issues 10–11, 2008, P. 2050-2055.
2. W. Zhang, Kewei Fang, Y. Hu, S. Wang, X.Wang, Effect of machining-induced surface residual stress on initiation of stress corrosion cracking in 316 austenitic stainless steel, Corrosion Science, Volume 108, 2016, P. 173-184.

3. Nemenko A.V. Prikladnye voprosy ocenki tehniceskogo sostojanija sudovyh mehanicheskikh sistem/AV. Nemenko, M.M Nikitin, M.: Infra-M, 2017. – 172 s.
4. Dymarsky P. (Ed). Hidden Markov Models. Theory and Applications. InTech, 2011. - 324 p.
5. Nemenko A.V., Nikitin M.M. Forecast estimator of surface machining completion. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2019, vol. 709, # 022006.
6. L. R. Rabiner. A tutorial on hidden Markov models and selected applications in speech recognition, in Proceedings of the IEEE, vol. 77, no. 2, pp. 257-286, Feb. 1989, doi: 10.1109/5.18626.
7. Elliott R.J., Aggoun L., Moore J.B. Hidden Markov Models. Estimation and Control. Springer, 1995. — 302 p.
8. Ross S. M. Introduction to Probability Models. 9-th ed. /S.M. Ross – Elsevier, 2007 – 782 p.
9. Van-der-Varden B.L. Algebra. /B. L. Van-der-Varden – M.:Mir, 1976.– 648 s.
10. Bronshtejn I.N., Semendjaev K.A. Spravochnik po matematike dlja inzhenerov i uchashhihsja vtuzov. M.: 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»
Universitetskaya st, 33, Sevastopol, Russian Federation,
299053
Phone. +79788330519
E-mail: valesan@list.ru

Nikitin Michael Mihailovich

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

УДК 658.512.011.56

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-170-174

А.В. НЕМЕНКО, М.М. НИКИТИН

ПРОГНОЗ ТРЕЩИНОУСТОЙЧИВОСТИ ИЗДЕЛИЯ ПОСЛЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Аннотация. Предложена методика прогнозной оценки вероятности трещинообразования в детали, изготовленной с помощью механической обработки, при её дальнейшей эксплуатации. Рассмотрена модель накопления дефектов при многоступенчатой обработке, при которой информация об их количестве на фиксированной стадии доступна только по косвенным параметрам. Для описания процесса обработки применена скрытая марковская модель с дискретным временем и непрерывной переменной, в роли которой выступает реологический параметр, определяющий трещинообразование. Этот параметр в модели рассматривается как скрытый, доступным считается только сигнал, приходящий от контрольно-измерительного оборудования по завершении очередной стадии обработки. Полученная скрытая модель исследована для случайного блуждания реологического параметра между двумя поглощающими уровнями, соответствующими событиям изготовления трещиностойчивой детали и получения заготовкой неустранимых дефектов в ходе обработки. Предлагаемый подход может быть применен как к усталостным трещинам, так и к трещинам, имеющим другую физическую природу.

Ключевые слова: реология, технологическая усталость, механическая обработка, скрытая марковская модель, непрерывное фазовое пространство состояний, случайное блуждание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nemenko A.V., Nikitin M.M. Forecast estimator of surface machining completion. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2019, vol. 709, # 022006.
2. V.S. Barbu, N. Limnios. Semi-Markov Chains and Hidden Semi- Markov Models. Springer, 2008.
3. Новосёлов Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке/ Ю.К. Новосёлов – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012. - 304 с.
4. Jackson M. Machining With Abrasives/ M. Jackson, M. Hitchiner, J.Davim – Springer, 2011 - 423 p.
5. Неменко А.В. Прикладные вопросы оценки технического состояния судовых механических систем/АВ. Неменко, М.М Никитин, М.: Инфра-М, 2017 – 172 с.
6. Ван-дер-Варден Б.Л. Алгебра. /Б. Л. Ван-дер-Варден – М.:Мир, 1976.– 648 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

FORECAST OF DETAIL CRACK STRENGTH AFTER ITS MACHINING

Abstract. A method is proposed for predicting the probability of cracking in a machined part during its further operation. A model of accumulation of defects in multistage processing is considered, in which information on their number at a fixed stage is available only by indirect parameters. To describe the processing process, a hidden Markov model with a discrete time and a continuous variable is used, in the role of which is a rheological parameter that determines fracturing. This parameter in the model is considered as hidden, only the signal coming from the control and measuring equipment at the end of the next stage of processing is considered available. The resulting hidden model is investigated for a random walk of the rheological parameter between two absorbing levels corresponding to the events of manufacturing a crack-resistant part and obtaining unrecoverable defects by the workpiece during processing. The proposed approach can be applied to both fatigue cracks and cracks of a different physical nature.

Keywords: rheology, process fatigue, machining, latent Markov model, continuous phase space of states, random walk.

BIBLIOGRAPHY

1. Nemenko A.V., Nikitin M.M. Forecast estimator of surface machining completion. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2019, vol. 709, # 022006.
2. V.S. Barbu, N. Limnios. Semi-Markov Chains and Hidden Semi-Markov Models. Springer, 2008.
3. Novosolov YU.K. Dinamika formoobrazovaniya poverkhnostey pri abrazivnoy obrabotke/ YU.K. Novosolov – Sevastopol: Izd-vo SevNTU, 2012. - 304 s.
4. Jackson M. Machining With Abrasives/ M. Jackson, M. Hitchiner, J.Davim – Springer, 2011 - 423 p.
5. Nemenko A.V. Prikladnyye voprosy otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya sudovyykh mekhanicheskikh sistem/AV. Nemenko, M.M Nikitin, M.: Infra-M, 2017 – 172 s.
6. Van-der-Varden B.L. Algebra. /B. L. Van-der-Varden – M.:Mir, 1976.– 648 s.

Nemenko Alexandra Vasilevna

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

Nikitin Michael Mihailovich

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

УДК 621. 95.01

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-175-182

А.В. ПОДВИНЦЕВ, А.С. ДУДАРЕВ

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ DEFORM ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СВЕРЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Аннотация. В настоящей статье показано решение сложной связанной задачи численного моделирования процесса сверления полимерных композиционных материалов на базе метода конечных элементов (МКЭ), с помощью инженерного пакета Deform. Предметом исследования при постановке задач являлись функциональные характеристики процесса сверления: составляющие силы резания, температура в зоне резания, в зависимости от различного сочетания управляемых параметров режима обработки и геометрических параметров сверл, с учётом специфических свойств полимерных композиционных материалов. Величина осевой силы резания при сверлении имеет важное значение, так как по этой величине рассчитывают мощность привода технологического оборудования, проверяют прочность режущего инструмента. По температуре резания можно спрогнозировать качество формообразуемых отверстий. Величины силовых и тепловых характеристик возможно получить разными методами, теоретическими и практическими, например, в ходе натурного эксперимента. Но для натурного эксперимента необходима серьезная подготовка, наличие лабораторной базы. Для теоретического решения, необходимо владение и применение математического аппарата или использование современных инженерных пакетов. Последнее и проделано в настоящей работе.

Ключевые слова: сверление, моделирование, метод конечных элементов, полимерные композиционные материалы, композит, режущий инструмент, силы резания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. М.: Машиностроение, 2000. – 320 с.
2. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.
3. Дударев А.С., Подвинцев А.В. Определение крутящего момента при сверлении углепластика//Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2020. № 4-2 (342). С. 33-39.
4. Виноградов А.А. Физические основы процесса сверления труднообрабатываемых металлов твердосплавными сверлами / А. А. Виноградов. Киев: Наук. думка, 1985. – 263 с.
5. Дударев А.С., Ломаев В.И., Свищёв В.И. Теоретическое определение суммарных сил резания при сверлении полимерных композиционных материалов // Шлифабразив: Матер. научн.-техн. конф. - Волжский: ВИСТех (филиал) ВолГАСУ «Югаолиграфиздат», 2007. С. 266-268.
6. Дударев А.С. Повышение эффективности и качества обработки отверстий на основе стабилизации процесса сверления изделий из полимерных композиционных материалов. Авторефер. дис. ...канд. техн. наук. Пермь: ПГТУ, 2009. – 20 с.
7. Heisel, U.; Krivoruchko, D. V.; Zaloha, W. A.; Storchak, M.; Stehle, T.: Die FEM-Modellierung als moderner Ansatz zur Untersuchung von Zerspanprozessen. In: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jg. 104 (2009), H. 7-8, S. 603–616.
8. V.A. Phadnis, F. Makhdum, A. Roy and V.V. Silberschmidt, Drilling in carbon/epoxy composites: Experimental investigations and finite element implementation, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing 47 (2013), Pp. 41-51.
9. Дударев А.С., Илюшкин М.В., Николаев И.Ф. Моделирование процесса сверления слоистого материала в LS-DYNA//Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. 2020. Т. 22. № 2. С. 64-74.
10. Леонтьев В.Л. О конечно-элементном моделировании процесса сверления пластины//Системы управления авиационным предприятием 16-17 октября 2014: Материалы конференции. - Ульяновск, 2014. С. 1463-1466.
11. Соколкин Ю.В., Волкова Т.А. Многоточечные моментные функции распределения деформаций и напряжений в стохастических композитах//Механика композитных материалов, 1991. № 4. С. 662.
12. Цыплаков О.Г. Научные основы технологии композиционно-волоконистых материалов. Часть 1. Пермь: Пермское книжное изд-во, 1974. - 316 с.
13. Степанов А. А. Обработка резанием высокопрочных композиционных полимерных материалов. – Ленинград: Машиностроение, 1987. -176 с.
14. Петров В.М. Реологическая модель разрушения углепластиков при резании лезвийным инструментом//Вопросы материаловедения, 2002, №3 (31). С. 104-109.
15. Бузюркин А.Е., Гладкий И.Л., Краус Е.И. Определение параметров модели Джонсона-Кука для описания процессов деформирования и разрушения титановых сплавов//Прикладная механика и техническая физика, 2015. Том 56, №2. С. 188-195.
16. Устинов А.М., Клопотов А.А., Потекаев А.И. и др. Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния поверхностных слоев углепластика при осевом растяжении методом корреляции цифровых изображений/Известия Алтайского гос. университета. 2018. №1-10. С. 58-63.

Подвинцев Александр Викторович
ФГБОУ ВО Пермский национальный исследовательский
политехнический университет (ПНИПУ), г. Пермь
Аспирант кафедры
«Инновационные технологии машиностроения»
614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29
Тел. 8 (342)219-82-36
E-mail: podvintsev_ktn@mail.ru

Дударев Александр Сергеевич
ФГБОУ ВО Пермский национальный исследовательский
политехнический университет (ПНИПУ), г. Пермь
Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Инновационные технологии машиностроения»
614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29
Тел. 8 (342)239-15-08
E-mail: fanta88@mail.ru

A.V. PODVINTSEV, A.S. DUDAREV

APPLICATION OF THE DEFORM SOFTWARE FOR MODELING THE DRILLING PROCESS OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON THE FINITE ELEMENT METHOD

Abstract. This article shows the solution of a complex related problem of numerical simulation of the drilling process of polymer composite materials based on the finite element method (FEM), using the Deform engineering package. The subject of the study in setting the tasks was the functional characteristics of the drilling process: the components of the cutting force, the temperature in the cutting zone, depending on the different combination of controlled parameters of the processing mode and the geometric parameters of the drills, taking into account the specific properties of polymer composite materials. The value of the axial cutting force during drilling is important, since this value is used to calculate the drive power of technological equipment, check the strength of the cutting tool, and the cutting temperature

can predict the quality of the shaped holes. The values of the power and thermal characteristics can be obtained by different methods, theoretical and practical, for example, in the course of a full-scale experiment. But for a full-scale experiment, serious preparation is necessary, the presence of a laboratory base. For a theoretical solution, it is necessary to know and apply the mathematical apparatus or use modern engineering packages. The latter is done in this work.

Keywords: drilling, modeling, finite element method, polymer composite materials, composite, cutting tool, cutting forces.

BIBLIOGRAPHY

1. Suslov A.G. Kachestvo poverhnostnogo sloya detalej mashin. M.: Mashinostroenie, 2000. – 320 s.
2. Bobrov V.F. Osnovy teorii rezaniya metallov. M.: Mashinostroyeniye. 1975. – 344 s.
3. Dudarev A.S., Podvitsev A.V. Determining torque when drilling carbon fiber//Fundamental and Applied problems of Engineering and Technology. №4-2 (342) 2020. Pp. 33-39.
4. Vinogradov A.A. Fizicheskiye osnovy protsessa sverleniya trudnoobrabatyvayemykh metallov tverdosplavnymi sverlami / A. A. Vinogradov. Kiyev: Nauk. dumka. 1985. – 263 s.
5. Dudarev A.S. Lomayev V.I., Svirshchev V.I. Teoreticheskoye opredeleniye summarnykh sil rezaniya pri sverlenii polimernykh kompozitsionnykh materialov // Shlifabraziv: Mater. nauchn.–tekhn. konf. - Volzhskiy: VISTekh (filial) VolgASU «Yugaoligrafizdat». 2007. S. 266-268.
6. Dudarev A.S. Povysheniye effektivnosti i kachestva obrabotki otverstiy na osnove stabilizatsii protsessa sverleniya izdeliy iz polimernykh kompozitsionnykh materialov. Avtorefer. dis. ...kand. tekhn. nauk. – Perm: PGU. 2009. – 20 s.
7. Heisel, U.; Krivoruchko, D. V.; Zoloha, W. A.; Storchak, M.; Stehle, T.: Die FEM-Modellierung als moderner Ansatz zur Untersuchung von Zerspanprozessen. In: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jg. 104 (2009), H. 7-8, S. 603–616.
8. V.A. Phadnis, F. Makhadmeh, A. Roy and V.V. Silberschmidt, Drilling in carbon/epoxy composites: Experimental investigations and finite element implementation, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing 47 (2013), Pp. 41-51.
9. Dudarev A.S., Ilyushkin M.V., Nikolaev I.F. Modelirovaniye protsessa sverleniya sloistogo materiala v LS-DYNA//Vestnik PNRPU. Mashinostroeniye, materialovedeniye. 2020. T. 22. № 2. S. 64-74.
10. Leontyev V.L. O konechno-elementnom modelirovanii protsessa sverleniya plastiny// Sistemy upravleniya aviastroitelnyim predpriyatiyem 16-17 oktyabrya 2014: Materialy konferentsii. - Ulianovsk. 2014. S. 1463-1466.
11. Sokolkin YU.V., Volkova T.A. Mnogotochechnyye momentnyye funktsii raspredeleniya deformatsiy i napryazheniy v stokhasticheskikh kompozitakh//Mekhanika kompozitnykh materialov, 1991. № 4. S. 662.
12. Tsyplakov O.G. Nauchnyye osnovy tekhnologii kompozitsionno-voloknistykh materialov. Chast 1. Perm: Permskoye knizhnoye izdatelstvo. 1974. - 316 s.
13. Stepanov A. A. Obrabotka rezaniyem vysokoprochnykh kompozitsionnykh polimernykh materialov. – Leningrad: Mashinostroyeniye. 1987. -176 s.
14. Petrov V.M. Reologicheskaya model razrusheniya ugleplastikov pri rezanii lezvinyim instrumentom//Voprosy materialovedeniya, 2002, №3 (31). S. 104-109.
15. Buzyurkin A.E., Gladkiy I.L., Kraus E.I. Opredeleniye parametrov modeli Dzhonsona-Kuka dlya opisaniya processov deformirovaniya i razrusheniya titanovykh splavov//Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika, 2015. Vol. 56, №2. S. 188-195.
16. Ustinov A.M., Klopotov A.A., Potekhaev A.I. i dr. Eksperimentalnoye issledovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya poverhnostnykh sloev ugleplastika pri oboym rastyazhenii metodom korrelyatsii tsifrovyykh izobrazheniy/Izvestiya Altajskogo gos. universiteta. 2018. №1-10. S. 58-63.

Podvitsev Aleksandr Victorovich

“Perm National Research Polytechnics University” (PNRPU), Perm
PhD student of the Department
“Innovative engineering technologies”
29 Komsomolsky prospect, Perm, 614990
Ph.: 8 (342)219-82-36
E-mail: podvitsev_ktn@mail.ru

Dudarev Aleksandr Sergeevich

“Perm National Research Polytechnics University” (PNRPU), Perm
PhD in Engineering sciences, associate Professor of the Department “Innovative engineering technologies”
29 Komsomolsky prospect, Perm, 614990
Ph.: 8 (342)239-15-08
E-mail: fanta88@mail.ru

УДК 681.5: 621.432.3

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-183-189

В.П. ПОЛИВЦЕВ, В.В. ПОЛИВЦЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЖИДКОСТНОГО ДЫХАНИЯ МЕТОДОМ ПОГРУЖЕНИЯ/ВСПЛЫТИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА В ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ С ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

Аннотация. Предлагаются исследование технологии жидкостного дыхания для процесса погружения/всплытия биологических объектов в стенде на глубины 500, 1000 и 1500 м. Изучаются безопасные режимы и глубина погружения/всплытия биообъектов. Разработаны и испытаны гидравлический стенд и капсула для погружения/всплытия биообъекта в иммерсии. Приведены основные характеристики гидравлического стенда, имитирующего погружение/всплытие до глубин 1500 метров. Определены безопасные режимы погружения/всплытия и предельные глубины погружения на спонтанном дыхании собаки. Приведены результаты медицинских исследований биообъекта по таким основным параметрам ЭКГ, ЭЭГ, ультразвукового, рентгенологического и др. инструментальных методов исследований.

Ключевые слова: гидрокамера, давление, пропорциональные клапаны давления и расхода, биообъект, дыхательная жидкость.

Исследования были проведены по гранту СевГУ идентификатор 26/06-31, договор 62/16 от 01.07.2016.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fuhrman, B.P. Perfluorocarbon associated gas exchange / B.P. Fuhrman, P.R. Paczan, M. De Francis // Critical Care Medicine. – 1991. – Vol. 19. – P. 712–722.
2. Shaffer, T.H. Liquid Ventilation: Current Status / T.H. Shaffer, M.R. Wolfson, S.J.S. Greenspan // Pediatrics in Review. – 1999. – Vol. 20, №12. – P. e134–e142.
3. Мороз, В.В. Жидкостная вентиляция легких, ее возможности и перспективы (современное состояние вопроса) / В.В. Мороз, А.В. Власенко, И.О. Закс // Анестезиология и реаниматология. – 2001. – №6. – С. 66–73.
4. Мороз, В.В. Эндотрахеальное применение перфторана в условиях ИВЛ у больных с острым респираторным дистресс-синдромом / В.В. Мороз, Д.А. Остапченко, А.В. Власенко, П.Ю. Осипов, Л.В. Герасимов // Общая реаниматология. – 2005. – С. 5–11.
5. Попцов, В.Н. Первый клинический опыт использования частичной жидкостной вентиляции на основе эндобронхиального введения перфторана в комплексной терапии респираторного дистресс-синдрома / В.Н. Попцов, А.Е. Баландюк // Биомедицинский журнал Medline.ru. – 2004. – Т.5. – С. 173–174.
6. Sarkar, S. Liquid ventilation / S. Sarkar, A. Paswan, S. Prakas // Anesth Essays Res. – 2014. – Vol.8, №3. – P. 277–282.
7. Мороз, В.В. Жидкостная вентиляция легких, ее возможности и перспективы (современное состояние вопроса) / В.В. Мороз, А.В. Власенко, И.О. Закс // Анестезиология и реаниматология. – 2001. – №6. – С. 66–73.
8. Мороз, В.В. Эндотрахеальное применение перфторана в условиях ИВЛ у больных с острым респираторным дистресс-синдромом / В.В. Мороз, Д.А. Остапченко, А.В. Власенко, П.Ю. Осипов, Л.В. Герасимов // Общая реаниматология. – 2005. – С. 5–11.
9. Попцов, В.Н. Первый клинический опыт использования частичной жидкостной вентиляции на основе эндобронхиального введения перфторана в комплексной терапии респираторного дистресс-синдрома / В.Н. Попцов, А.Е. Баландюк // Биомедицинский журнал Medline.ru. – 2004. – Т.5. – С. 173–174.
10. Sarkar, S. Liquid ventilation / S. Sarkar, A. Paswan, S. Prakas // Anesth Essays Res. – 2014. – Vol.8, №3. – P. 277–282.
11. Корепанов А.Л. Жидкостное дыхание. Частичная жидкостная вентиляция легких. // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2018. – Т.24, № 2. – С. 62–70.
12. Корепанов А. Л., Шуневыч О. Б., Василенко И. Ю. Жидкостное дыхание. Тотальная жидкостная вентиляция легких. // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2018. – Т. 24, № 4. – С. 86–94.

Поливцев Виктор Петрович

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

Поливцев Владимир Викторович

ФГАОУ ВО Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, ведущий инженер 1-й категории лаборатории ЭСЖБО 299053, г. Севастополь, ул. Университетская 33. Тел. +7(8692)-55-00-77

V.P. POLIVTSEV, V.V. POLIVTSEV

RESEARCH OF LIQUID RESPIRATION TECHNOLOGY BY THE METHOD OF IMMERSION/ASCENT OF A BIOLOGICAL OBJECT IN A HYDRAULIC CHAMBER WITH HIGH PRESSURE

Abstract. The study of liquid respiration technology for the process of immersion/ascent of biological objects in the stand at depths of 500, 1000 and 1500 m is proposed. Safe modes and the depth of immersion/ascent of biological objects are studied. A hydraulic stand and a capsule for immersion/ascent of a biological object were developed and tested. The main characteristics of a hydraulic stand that simulates diving/surfacing to a depth of 1500 meters are given. Safe diving/surfacing modes and maximum diving depths on the spontaneous breathing of the dog are determined. The results of medical studies of the biological object on such basic parameters of ECG, EEG, ultrasound, X-ray, and other instrumental methods of research are presented.

Keywords: hydraulic chamber, pressure, proportional pressure and flow valves, biological object, respiratory fluid.

BIBLIOGRAPHY

1. Fuhrman, B.P. Perfluorocarbon associated gas exchange / B.P. Fuhrman, P.R. Paczan, M. De Francis // Critical Care Medicine. – 1991. – Vol. 19. – P. 712–722.
2. Shaffer, T.H. Liquid Ventilation: Current Status / T.H. Shaffer, M.R. Wolfson, S.J.S. Greenspan // Pediatrics in Review. – 1999. – Vol. 20, №12. – P. e134–e142.
3. Moroz, V.V. Zhidkostnaya ventilyatsiya legkikh, yeye vozmozhnosti i perspektivy (sovremennoye sostoyaniye voprosa) / V.V. Moroz, A.V. Vlasenko, I.O. Zaks // Anesteziologiya i reanimatologiya. – 2001. – №6. – С. 66–73.
4. Moroz, V.V. Endotrakhealnoye primeneniye perftorana v usloviyakh IVL u bolnykh s ostrym respiratornym distress-sindromom / V.V. Moroz, D.A. Ostapchenko, A.V. Vlasenko, P.YU. Osipov, L.V. Gerasimov // Obshchaya reanimatologiya. – 2005. – С. 5–11.
5. Poptsov, V.N. Pervyy klinicheskiy opyt ispolzovaniya chastichnoy zhidkostnoy ventilyatsii na osnove endobronkhialnogo vvedeniya perftorana v kompleksnoy terapii respiratornogo distress-sindroma / V.N. Poptsov, A.Ye. Balandyuk // Biomeditsinskiy zhurnal Medline.ru. – 2004. – Т.5. – С. 173–174.
6. Sarkar, S. Liquid ventilation / S. Sarkar, A. Paswan, S. Prakas // Anesth Essays Res. – 2014. – Vol.8, №3. – P. 277–282.
7. Moroz, V.V. Zhidkostnaya ventilyatsiya legkikh, yeye vozmozhnosti i perspektivy (sovremennoye sostoyaniye voprosa) / V.V. Moroz, A.V. Vlasenko, I.O. Zaks // Anesteziologiya i reanimatologiya. – 2001. – №6. – С. 66–73.
8. Moroz, V.V. Endotrakhealnoye primeneniye perftorana v usloviyakh IVL u bolnykh s ostrym respiratornym distress-sindromom / V.V. Moroz, D.A. Ostapchenko, A.V. Vlasenko, P.YU. Osipov, L.V. Gerasimov // Obshchaya reanimatologiya. – 2005. – С. 5–11.
9. Poptsov, V.N. Pervyy klinicheskiy opyt ispolzovaniya chastichnoy zhidkostnoy ventilyatsii na osnove endobronkhialnogo vvedeniya perftorana v kompleksnoy terapii respiratornogo distress-sindroma / V.N. Poptsov, A.Ye. Balandyuk // Biomeditsinskiy zhurnal Medline.ru. – 2004. – Т.5. – С. 173–174.
10. Sarkar, S. Liquid ventilation / S. Sarkar, A. Paswan, S. Prakas // Anesth Essays Res. – 2014. – Vol.8, №3. – P. 277–282.
11. Korepanov A.L. Zhidkostnoye dykhaniye. Chastichnaya zhidkostnaya ventilyatsiya legkikh. // Vestnik fizioterapii i kurortologii. – 2018. – Т.24, № 2. – С. 62–70.
12. Korepanov A. L., Shunevych O. B., Vasilenko I. YU. Zhidkostnoye dykhaniye. Totalnaya zhidkostnaya ventilyatsiya legkikh. // Vestnik fizioterapii i kurortologii. – 2018. – Т. 24, № 4. – С. 86–94.

Polivtsev Viktor Petrovich

Sevastopol state University, Sevastopol, candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department "Instrumental systems and automation of technological processes".
299053, Sevastopol, 33 Universitetskaya street.

Polivtsev Vladimir Viktorovich

Federal STATE Autonomous educational institution of the Sevastopol state University, Sevastopol, chief engineer of the 1st category laboratory ASIBO
299053, Sevastopol, 33 Universitetskaya street.

УДК 621

DOI: 10.33979/2073-7408-2021-348-4-190-199

С.А. ПОЛЯКОВ, Н.В. ФЕДОРОВ, А.А. ШАТУЛЬСКИЙ

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ ГТД НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация: Проведены мероприятия по совершенствованию технологии изготовления деталей камеры сгорания ГТД методами аддитивных технологий, включающие в себя повышение эффективности входного контроля металлопорошковой композиции, выбор технологических параметров синтеза деталей, назначения

режима термической обработки и сварочных работ синтезированных и традиционных материалов, что позволило обеспечить выполнение требований по механическим и эксплуатационным свойствам

Ключевые слова: камера сгорания, жаровая труба, надежность, металлпорошковая композиция, входной контроль, селективное лазерное плавление, термическая обработка, сварка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Камеры сгорания ГТД [Электронный ресурс] URL: <https://znatock.org/s3709t1.html> Опубликовано 2017-2019 г. Дата обращения 16.11.2019.
2. С.А. Поляков, Н.В. Федоров, А.А. Шатульский Использование аддитивных технологий для изготовления ответственных деталей ГТУ /. – Журнал «Вестник РГАТУ имени П. А. Соловьева» ВАК, №4 (51), 2019 год. – Рыбинск, 2020. – С. 101-104.
3. Выборочная лазерная плавка (SLM) [Электронный ресурс] URL: https://3dtoday.ru/wiki/SLM_print/ Опубликовано 2013-2021 г. Дата обращения 25.11.2019.
4. Симс, Ч.Т. Суперсплавы 2. Жаропрочные материалы для аэрокосмических и промышленных энергоустановок: [пер. с англ.] / под ред. Ч.Т. Симса, Н.С. Столофа, У.К. Хагеля: в 2 кн. / под ред. Р.Е. Шалина. – М.: Металлургия, 1995. – Кн. 1. – 385 с.
5. Datasheet на порошковые материалы фирмы EOS [Электронный ресурс] URL: http://3dimpuls.com/sites/default/files/dok_book/m_materials_en.pdf. Опубликовано 2013 г. Дата обращения 25.10.2019.
6. Popovich, V.A., Borisov, E.V., Popovich, A.A., Sufiiarov, V.S., Masaylo, D.V., Alzina, L., 2017. Functionally graded Inconel 718 processed by additive manufacturing: crystallographic texture, anisotropy of microstructure and mechanical properties. Mater. Des. 114, p. 441–449.
7. Kajima, Y., Takaichi, A., Nakamoto, T., Kimura, T., Yogo, Y., Ashida, M., Doi, H., Nomura, N., Takahashi, H., Hanawa, T., Wakabayashi, N., 2016. Fatigue strength of Co-Cr-Mo alloy clasps prepared by selective laser melting. J. Mech. Behav. Biomed. Mater. 59, p. 446–458.
8. Chlebus, E., Gruber, K., Kuznicka, B., Kurzac, J., Kurzynowski, T., 2015. Effect of heat treatment on the microstructure and mechanical properties of Inconel 718 processed by selective laser melting. Mater. Sci. Eng. A 639, p.647–655.
9. Yuka Kajimaa, Atsushi Takaichi, Nuttaphon Kittikundecha, Takayuki Nakamoto, Takahiro Kimura, Naoyuki Nomura, Akira Kawasaki, Takao Hanawa, Hidekazu Takahashi, Noriyuki Wakabayashi Effect of heat-treatment temperature on microstructures and mechanical properties of Co–Cr–Mo alloys fabricated by selective laser melting /. – Materials Science &Engineering A 726 (2018) 21–31. – 11 p.
10. С.А. Поляков, Р.А. Шестериков, Е.М. Бардинов, А.А. Шатульский Исследование и разработка технологии сварки синтезированных образцов / Журнал «Вестник РГАТУ имени П. А. Соловьева» ВАК, №1 (52), 2020 год. – Рыбинск, 2020. – С. 66-71.

Поляков Сергей Алексеевич
ФГБОУ ВО "Рыбинский
государственный авиационный
технический университет имени
П.А. Соловьева (РГАТУ)", г.
Рыбинск.
Аспирант кафедры
«Материаловедение, литье и
сварка»
152934, г. Рыбинск, ул.
Пушкина, д. 53
Тел. (4855) 21-39-64

Федоров Никита Владимирович
ПАО «ОДК-Сатурн», г. Рыбинск.
Инженер-технолог отдела
аддитивных технологий
152903, г. Рыбинск, пр. Ленина, 163
Тел. (4855) 32-63-95

Шатульский Александр Анатольевич
ФГБОУ ВО "Рыбинский
государственный авиационный
технический университет имени П.А.
Соловьева (РГАТУ)", г. Рыбинск.
Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой
«Материаловедение, литье и сварка»
152934, г. Рыбинск, ул. Пушкина, д. 53
Тел. (4855) 21-39-64
E-mail: shatulsky@rsatu.ru

S.A. POLYAKOV, N.V. FEDOROV, A.A. SHATULSKY

IMPROVING THE PROCESSES OF INCOMING CONTROL OF METAL POWDER COMPOSITION, SYNTHESIS AND HEAT TREATMENT OF THE Co-Cr-Mo ALLOY FOR USE IN GAS TURBINE ENGINE UNITS

Abstract: Measures were taken to improve the technology of manufacturing of parts of the combustion chamber of the gas turbine engine using additive technologies, including improving the efficiency of the incoming control of the metal powder composition, choosing the technological parameters of the synthesis of parts, assigning the mode of heat treatment and welding of synthesized and traditional materials, which allowed to meet the requirements for mechanical and operational properties.

Keywords: combustion chamber, flame tube, reliability, metal powder composition, incoming control, selective laser melting, heat treatment, welding.

BIBLIOGRAPHY

1. GTE combustion chambers [Electronic resource] URL: <https://znatock.org/s3709t1.html> Published 2017-2019 Accessed 16.11.2019.
2. S. A. Polyakov, N. V. Fedorov, A. A. Shatulsky The use of additive technologies for the manufacture of critical parts of GTU /. - Journal "Bulletin of the Russian State Technical University named after P. A. Solovyov" VAK, No. 4 (51), 2019. - Rybinsk, 2020. - p. 101-104.
3. Selective laser melting (SLM) [Electronic resource] URL: https://3dtoday.ru/wiki/SLM_print/ Published 2013-2021 Accessed 25.11.2019.
4. Simsa, Ch. T. Superalloys 2. Heat-resistant materials for aerospace and industrial power plants: [trans. ed. by C. T. Sims, N. S. Stolof, and W. K. Hagel: in 2 books. / edited by R. E. Shalin. - M.: Metallurgy, 1995. - Book 1 – - 385 p.
5. Datasheet for EOS powder materials [Electronic resource] URL: http://3dimpuls.com/sites/default/files/dok_book/m_materials_en.pdf. Published 2013 Accessed 25.10.2019.
6. Popovich V. A., Borisov E. V., Popovich A. A., Sufiyarov V. S., Masaylo D. V., Alzina L., 2017. Functionally graded Inconel 718 processed by additive manufacturing: crystallographic texture, anisotropy of microstructure and mechanical properties. Master. Des. 114, pp. 441-449.
7. Kajima, Yu., Takaichi, A., Nakamoto, T., Kimura, T., Yogo, Yu., Ashida, M., Doi, H., Nomura, N., Takahashi, H., Hanawa, T., Wakabayashi, N., 2016. Fatigue strength of fasteners made of Co-Cr-Mo alloy obtained by selective laser melting. Behave yourself. Biomed. Mater. 59, pp. 446-458.
8. Glebus, E., Gruber, K., Kuznitsa, B., Kurzak, J., Kurzinovsky, T., 2015. The effect of heat treatment on the microstructure and mechanical properties of Inconel 718 treated with selective laser melting. Mater. Sciences. A 639, pp. 647-655.
9. Yuka Kajima, Atsushi Takaichi, Nattafon Kittikundecha, Takayuki Nakamoto, Takahiro Kimura, Naoyuki Nomura, Akira Kawasaki, Takao Hanawa, Hidekazu Takahashi, Noriyuki Wakabayashi Effect of heat treatment temperature on the microstructure and mechanical properties of Co-Cr-Mo alloys obtained by selective laser melting /. - Materials Science and Engineering A 726 (2018) 21-31. - 11 p.
10. S. A. Polyakov, R. A. Shestikov, E. M. Bardinov, A. A. Shatulsky Research and development of the technology of welding of synthesized samples / Journal "Bulletin of the Russian State Technical University named after P. A. Solovyov" VAK, No. 1 (52), 2020. - Rybinsk, 2020. - pp. 66-71.

Polyakov Sergey Alekseevich
 Rybinsk State Aviation Technical
 University
 named after P. A. Solovyov (RGATU),
 Rybinsk.
 Postgraduate student of the Department
 "Materials Science, Casting and
 Welding"
 152934, Rybinsk, Pushkin str., 53
 Tel. (4855) 21-39-64
 E-mail: sergey.polyakov@uec-saturn.ru

Fedorov Nikita Vladimirovich
 PJSC "UEC-Saturn", Rybinsk.
 Engineer-technologist of the
 Department of Additive
 Technologies
 152903, Rybinsk, Lenin ave., 163
 Tel. (4855) 32-63-95

Shatulsky Alexander Anatolyevich
 Rybinsk State Aviation Technical
 University
 named after P. A. Solovyov (RGATU),
 Rybinsk.
 Doctor of Technical Sciences, Professor,
 Head of the Department "Materials
 Science, Casting and Welding"
 152934, Rybinsk, Pushkin str., 53
 Tel. (4855) 21-39-64
 E-mail: shatulsky@rsatu.ru

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

Материалы статей печатаются в авторской редакции

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

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

Подписано в печать 16.08.2021 г.
Дата выхода в свет 23.08.2021 г.
Формат 70X108/16. Усл. печ. л. 12,5
Цена свободная. Тираж 1000 экз.
Заказ №106

отпечатано на базе
ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С.Тургенева»,
302026, г.Орел, ул.Комсомольская, 95