

Редколлегия

Главный редактор

Радченко С.Ю. д-р техн. наук, проф.

Заместители главного редактора:

Барсуков Г.В. д-р техн. наук, проф.

Гордон В.А. д-р техн. наук, проф.

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

Савин Л.А. д-р техн. наук, проф.

Шоркин В.С. д-р физ.-мат. наук, проф.

Члены редколлегии:

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

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

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

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

Запомель 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 Шенбо. канд. техн. наук, доц. (Китай)

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

(Азербайджан)

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

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

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

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

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

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

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

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

(Беларусь)

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

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

Ответственный секретарь:

Тюхта А.В. канд. техн. наук

Адрес редакции

302030, г. Орел, ул. Московская, 34

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

http://oreluniver.ru

E-mail: tiostu@mail.ru

Зарег. в Федеральной службе по

надзору в сфере связи, информационных

технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство ПИ № ФС77-67029

от 30 августа 2016 года

Подписной индекс 29504

по объединенному каталогу

«Пресса России»

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2018

Содержание

Секция «Теоретическая и прикладная механика»

Сулимов В.Д., Шкапов П.М., Сулимов А.В. Геометрические структуры и вычислительная диагностика динамических систем с использованием гибридных алгоритмов	3
Аблаев А.Р. Режимные нагрузки и комплектация главных энергетических установок морских плавучих буровых комплексов для разведки месторождений нефти и газа	14
Морева И.Н., Хромов Е.В. Кривая предельной тяги. Тяга на швартовах и скорость хода в штормовых условиях	23
Георгиевская Е.В. Оценка долговечности гидротурбин с позиций механики разрушений	27
Воронцов А.Л., Рециков Е.О. Определение кинематического и напряженного состояний трубной заготовки при радиальном выдавливании	33
Пахалюк В.И. Учет ежедневных режимов активности при моделировании износа в сферическом шарнире с полимерным компонентом тотального эндопротеза тазобедренного сустава	40
Неменко А.В., Никитин М.М. Предотвращение перегрева при обработке металлов резанием	52
Поляков А.М. Распознавание фазы двигательной активности инвалида при ходьбе на трансфеморальном протезе	58

Секция «Технологии и инструменты»

Бохонский А.И., Рыжков А.И. Оптимальное управление манипулятором с упругой рукой	73
Дологлонян А.В., Сухов А.К. Приближенная модель первой фазы всплытия морских ныряющих буев	79
Муравьев А.А., Маркова Н.С., Тарпанов А.С. Перспективные направления развития и применения аддитивных технологий в машиностроении	85
Федоровский К.Ю. Оптимальный размер канала судовых теплообменников лабиринтного типа	97
Харченко А.О., Братан С.М., Владецкая Е.А., Владецкий Д.О. Исследование процесса шлифования с учетом вибрационных воздействий на станок в условиях плавучей мастерской	102
Чемакина Т.Л. Система подогрева нефтепродуктов на наливных судах	113
Лавриненко В.Ю., Гаврилов Н.Ю. Экспериментальные исследования процесса протяжки полосы бабой ковочного молота с наполнителем	117
Головин В.И. Интеллектуальный поиск оптимальных технологических процессов в киберфизических системах	121

Машиностроительные технологии и оборудование

Помятихин Н.И., Шаблинская Т.Н. Компьютерное моделирование предварительного формообразования впадины кругового зуба цилиндрического колеса	126
Воробьев В.И., Измеров О.В., Борзенков М.И., Злобин С.Н., Копылов С.О. Модернизация колесно-моторного блока электровоза 2ЭС6	131
Кононенко А.С., Кильдеев Т.А., Сажаяев А.А. Восстановление посадочных поверхностей шпинделя станка DMG MORI CTX 510 Ecoline полимерными нанокompозициями	140
Новиков А.Д., Фроленкова Л.Ю., Селемев К.Ф. Повышение износостойкости рабочих поверхностей инструмента при нанесении нанопокровов	147

Машиноведение и мехатроника

Корнеев А.Ю., Сытин А.В. Математическая модель расчета турбулентного течения смазочного материала в коническом лепестковом подшипнике	155
---	-----

Приборы, биотехнические системы и технологии

Марков О.И. Эффективность бокового отвода тепла в ступенчатом термоэлементе	165
Бурилич И.Н., Тотюнов Д.Н., Студеникина Л.И., Машков Е.Ю., Конорева Н.А. Один из вариантов оптимального распределения потребителей электрической энергии на основе заданных лимитов	171

Контроль, диагностика, испытания и управление качеством

Гусеница Я.Н., Малахов А.В., Старовойтов Д.И. Исследование генетических алгоритмов для оценивания характеристик военно-технических систем при ограниченном количестве натуральных экспериментов	178
Лисичкин В.Г. Моделирование процессов резонансного контроля во временной области анализа	189

Editorial Committee

Editor-in-chief

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

Editor-in-chief Assistants:

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

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

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

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

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

Member of editorial board:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Executive secretary:

Tyukhta A.V. Candidate Sc. Tech.

Address

302030 Orel, Moskovskaya ul., 34

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

http://oreluniver.ru

E-mail: tiostu@mail.ru

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

Index on the catalogue of the
«Pressa Rossii» 29504

© Orel State University, 2018

Contents

Section «Theoretical and Applied Mechanics»

<i>Sulimov V.D., Shkapov P.M., Sulimov A.V. Geometric structures and computational diagnostics of dynamical systems using hybrid algorithms</i>	3
<i>Ablaev A.R. Mode loads and complete setting of main energy installations of marine floating drilling complexes for exploration of oil and gas deposits</i>	14
<i>Moreva I.N., Khromov E.V. Curve of extreme draft. Draft on mooring and course speed in storm conditions</i>	23
<i>Georgievskaya E.V. Estimation of the hydraulic turbines durability from the fracture mechanics positions</i>	27
<i>Vorontsov A.L., Reschikov E.O. Kinematic and stress system determination of pipe workpiece during radial pressing</i>	33
<i>Pakhaliuk V.I. The considering of activity of daily living at simulation of wear in a spherical joint with polymeric component of a total hip replacement</i>	40
<i>Nemenko A.V., Nikitin M.M. Overheating prevention during machining of metals</i>	52
<i>Poliakov A.M. Recognition of motor activity phase at the walking of invalide on the transfemoral prosthesis</i>	58

Section «Technologies and Tools»

<i>Bokhonsky A.I., Ryzhkov A.I. Optimal control of manipulator with elastic hand</i>	73
<i>Dologlonyan A.V., Sukhov A.K. Research of geometrical and physical parameters influence of the drift boat on its speed</i>	79
<i>Muravev A.A., Markova N.S., Tarapanov A.S. Perspective directions of development and application of additive technologies in mechanical engineering</i>	85
<i>Fedorovsky K.Yu. Optimal size channel of ships heat exchangers of labyrinth type</i>	97
<i>Kharchenko A.O., Bratan S.M., Vladetskaya E.A., Vladetsky D.O. Investigation of the grinding process with the account vibration impacts on the machine in the conditions of a floating workshop</i>	102
<i>Chemakina T.L. Heated oil products for tank vessels</i>	113
<i>Lavrinenko V.Yu., Gavrilov N. Yu. Experimental research of bar drawing by hammer ram with fillets</i>	117
<i>Golovin V.I. Smart search for optimal technological process in cyber-physical systems</i>	121

Machine-building technologies and equipment

<i>Pomyatikhin N.I., Shablinskaya T.N. Computer simulation of preliminary form formation of cylindrical wheel circuit depth</i>	126
<i>Vorobyev V.I., Izmerov O.V., Borzenkov M.I., Zlobin S.N., Kopylov S.O. Modernization of wheel-motor block electrophoses 2ES6</i>	131
<i>Kononenko A.S., Kildeev T.A., Sazhaev A.A. Restoring the seating surfaces of the DMG MORI CTX 510 Ecoline spindle with polymeric nanocompositions</i>	140
<i>Novikov A.D., Frolenkova L.Yu., Selemenev K.F. Increase of wear-resistance of the working surfaces of the tool at application of nano-coatings</i>	147

Machine Science and Mechatronics

<i>Korneyev A.Yu., Sytin A.V. The mathematical model of lubricant turbulence flow in the conical foil bearing</i>	155
---	-----

Devices, biotechnical systems and technologies

<i>Markov O.I. Modelling of lateral heat removal in the step thermolement</i>	165
<i>Burilich I.N., Tyutyunov D.N., Studenikina L.I., Mashkov E.Yu., Konoreva N.A. One of the options for the optimal distribution of electricity consumers based on specified limits</i>	171

Monitoring, Diagnostics, Testing and Quality Management

<i>Gusenitsa Ya.N., Malakhov A.V., Starovoytov D.I. Research of genetic algorithms for estimation of characteristics of military and technical systems at limited number of natural experiments</i>	178
<i>Lisichkin V.G. Research of the resonant control in time area of the analysis</i>	189

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИБРИДНЫХ АЛГОРИТМОВ

Аннотация. Рассматриваются задачи диагностирования устойчивости динамических систем в рамках теории Косамби–Картана–Черна. Эволюцию системы во времени описывают в геометрических терминах, интерпретируя ее как геодезическую в финслеровом пространстве. Определяются основные геометрические инварианты исследуемой системы. Собственные значения второго инварианта дают оценку устойчивости системы по Якоби. Формулируется задача вычислительной диагностики системы по заданным собственным значениям тензора кривизны отклонения. Скалярные критериальные функции предполагаются непрерывными, липшицевыми, многоэкстремальными, не обязательно всюду дифференцируемыми. При поиске глобальных решений используются новые гибридные алгоритмы, объединяющие стохастический кратный алгоритм столкновения частиц с учетом квазиотражений (сканирование пространства переменных) и детерминированные методы локального поиска. В первом алгоритме локальный поиск реализуется методом Хука–Дживса. Во втором алгоритме при локальном поиске вводятся двухпараметрические сглаживающие аппроксимации критериальной функции. Приводится численный пример восстановления параметров и вычислительной диагностики системы Лоренца.

Ключевые слова: динамическая система, устойчивость по Якоби, геометрический инвариант, критериальная функция, глобальная оптимизация, гибридный алгоритм, система Лоренца

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Giesl, P. Review on computational methods for Lyapunov functions / P. Giesl, S. Hafstein // *Discrete & Continuous Dynamical Systems*. – В, – 2015. – Vol. 20, № 8. – P. 2291–2331.
2. Udriște, C. Jacobi stability and geometric dynamics / C. Udriște, I.R. Nicola // *Journal of Dynamic Systems and Geometrical Theories*. – 2007. – Vol. 5, № 1. – P. 85–95.
3. Harko, T. Kosambi–Cartan–Chern (KCC) theory for higher order dynamical systems / T. Harko, P. Pantaraphong, S.V. Sabau // *International Journal of Geometric Methods in Modern Physics*. – 2016. – V. 13, № 2. – 1656014 (24 pages).
4. Punzi, R. Geometry and stability of dynamical systems / R. Punzi, M.N.R. Wohlfarth // *Physical Review E*. – 2009. – V. 79, № 4. – 046606 (22 pages).
5. Harko, T. Jacobi stability analysis of the Lorenz system / T. Harko, C.Y. Ho, C.S. Leung, S. Yip // *International Journal of Geometric Methods in Modern Physics*. – 2015. – V. 12, № 7. – 1550081 (23 pages).
6. Bloch, A.M. Neighboring external optimal control for mechanical systems on Riemannian manifolds / A.M. Bloch, F. Gupta, I.V. Kolmanovsky // *Journal of Geometric Mechanics*. – 2016. – V. 8, № 3. – P. 257–272.
7. Yajima, T. Jacobi stability for dynamical systems of two–dimensional second–order differential equations and application to overhead crane system / T. Yajima, K. Yamasaki // *International Journal of Geometric Methods in Modern Physics*. – 2016. – V. 13, № 4. – P. 1650045 (16 pages).
8. Gupta, T. Jacobi stability analysis of Rikitake system / T. Gupta // *International Journal of Geometric Methods in Modern Physics*. – 2016. – V. 13, № 7. – P. 1650098 (20 pages).
9. Böhmer, C.G. Jacobi stability analysis of dynamical systems – applications in gravitation and cosmology / C.G. Böhmer, T. Harko, S.V. Sabau // *Advances in Theoretical and Mathematical Physics*. – 2012. – V. 16, № 4. – P. 1145–1196.
10. Lake, M.J. Dynamical behavior and Jacobi stability analysis of wound strings / M.J. Lake, T. Harko // *European Physical Journal C*. – 2016. – V. 76, № 6. – 331 (26 pages).
11. Kirsch, A. An introduction to the mathematical theory of inverse problems. 2nd edition / A. Kirsch. – New York et al.: Springer, 2011. – XIV+308 p.
12. Goncharsky, A.V. Supercomputer technologies in inverse problems of ultrasound tomography / A.V. Goncharsky, S.Y. Romanov // *Inverse Problems*. – 2013. – V. 29, № 7. – P. 1–22.
13. Lorenz, E.N. Deterministic nonperiodic flow / E.N. Lorenz // *Journal of the Atmospheric Sciences*. – 1963. – V. 20, № 1. – P. 130–141.
14. Floudas, C.A. A review of recent advances in global optimization / C.A. Floudas, C.E. Gounaris // *Journal of Global Optimization*. – 2009. – V. 45, № 1. – P. 3–38.

15. Luz, E.F.P. A new multi-particle collision algorithm for optimization in a high performance environment / E.F.P. Luz, J.C. Becceneri, H.F. de Campos Velho // Journal of Computational Interdisciplinary Sciences, 2008. – V. 1. – P. 3–10.

16. Torres, R.H. Multi-particle / V.D. Sulimov, P.M. Shkapov // Journal of Mechanics Engineering and Automation. – 2012. – V. 2, № 12. – P. 734–741.

17. Rios-Coelho, A.C.. A Metropolis algorithm combined with Hooke–Jeeves local search method applied to global optimization / A.C. Rios-Coelho, W.F. Sacco, N.A. Henderson // Applied Mathematics and Computation. – 2010. – V. 217, № 2. – P. 843–8.

18. Сулимов, В.Д. Оптимизация сингулярных чисел матриц, зависящих от параметров, с использованием гибридных алгоритмов / В.Д. Сулимов, П.М. Шкапов, А.В. Сулимов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Естественные науки». – 2016, № 5 (68). – С. 46–66. doi: 10.18698/1812–3368–2016–5–46–66.

19. Сулимов, В.Д. Устойчивость по Якоби и вычислительная диагностика динамических систем с использованием гибридных алгоритмов / В.Д. Сулимов, П.М. Шкапов, А.В. Сулимов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2017, № 4–2 (324). – С. 61–71.

Сулимов Валерий Дмитриевич
Московский государственный
технический университет им. Н.Э.
Баумана, г. Москва
Старший преподаватель кафедры
«Теоретическая механика» им.
проф. Н.Е. Жуковского
105005, г. Москва, ул. 2–я
Бауманская, 5
Тел. 8–499–263–64–96
E-mail: spm@bmstu.ru

Шкапов Павел Михайлович
Московский государственный
технический университет им.
Н.Э. Баумана, г. Москва
Доктор технических наук, зав.
кафедрой «Теоретическая
механика» им. проф. Н.Е.
Жуковского
105005, г. Москва, ул. 2–я
Бауманская, 5
Тел. 8–499–263–69–69
E-mail: spm2@bk.ru

Сулимов Андрей Валерьевич
Филиал Московского
государственного университета им.
М.В. Ломоносова, г. Севастополь
Старший специалист по учебно–
методической работе практикума по
физике
299001, г. Севастополь, ул. Героев
Севастополя, 7
Тел. +7–(8692)–40–18–27
E-mail: avs7@yandex.ru

V.D. SULIMOV, P.M. SHKAPOV, A.V. SULIMOV

GEOMETRIC STRUCTURES AND COMPUTATIONAL DIAGNOSTICS OF DYNAMICAL SYSTEMS USING HYBRID ALGORITHMS

Abstract. Consideration is being given to problems of diagnosing stability of dynamical systems in the framework of the Kosambi–Cartan–Chern theory. The time evolution of a system one describes in geometric terms, by interpreting it as a geodesic in the Finsler space. Main geometrical invariants of the system under investigation are obtained. Eigenvalues of the second invariant determine the Jacobi stability of the system. The problem of computational diagnostics of the system based on given eigenvalues of the deviation curvature tensor is stated. Scalar criterion functions are supposed being continuous, Lipschitzian, multiextremal, not necessary everywhere differentiable. Global solutions are searched for by use of new hybrid algorithms that combine a stochastic Quasi Reflective Multi-Particle Collision Algorithm (for scanning a search space) and deterministic methods for local searching. The local search is realized by use of the Hooke–Jeeves method in the first algorithm. Two-parametric smoothing approximations of the criterion function are introduced for local searching in the second algorithm. A numerical example on restoring parameters and computational diagnostics of the Lorenz system is presented.

Keywords: dynamical system, Jacobi stability, geometrical invariant, criterion function, global optimization, hybrid algorithm, Lorenz system.

BIBLIOGRAPHY

1. Giesl, P. Review on computational methods for Lyapunov functions / P. Giesl, S. Hafstein // Discrete & Continuous Dynamical Systems. – B, – 2015. – Vol. 20, № 8. – P. 2291–2331.

2. Udriște, C. Jacobi stability and geometric dynamics / C. Udriște, I.R. Nicola // Journal of Dynamic Systems and Geometrical Theories. – 2007. – Vol. 5, № 1. – P. 85–95.

3. Harko, T. Kosambi–Cartan–Chern (KCC) theory for higher order dynamical systems / T. Harko, P. Pantaragphong, S.V. Sabau // International Journal of Geometric Methods in Modern Physics. – 2016. – V. 13, № 2. – 1656014 (24 pages).

4. Punzi, R. Geometry and stability of dynamical systems / R. Punzi, M.N.R. Wohlfarth // Physical Review E. – 2009. – V. 79, № 4. – 046606 (22 pages).

5. Harko, T. Jacobi stability analysis of the Lorenz system / T. Harko, C.Y. Ho, C.S. Leung, S. Yip // International Journal of Geometric Methods in Modern Physics. – 2015. – V. 12, № 7. – 1550081 (23 pages).

6. Bloch, A.M. Neighboring external optimal control for mechanical systems on Riemannian manifolds / A.M. Bloch, F. Gupta, I.V. Kolmanovsky // Journal of Geometric Mechanics. – 2016. – V. 8, № 3. – P. 257–272.

7. Yajima, T. Jacobi stability for dynamical systems of two-dimensional second-order differential equations and application to overhead crane system / T. Yajima, K. Yamasaki // International Journal of Geometric Methods in Modern Physics. – 2016. – V. 13, № 4. – P. 1650045 (16 pages).
8. Gupta, T. Jacobi stability analysis of Rikitake system / T. Gupta // International Journal of Geometric Methods in Modern Physics. – 2016. – V. 13, № 7. – P. 1650098 (20 pages).
9. Böhmer, C.G. Jacobi stability analysis of dynamical systems – applications in gravitation and cosmology / C.G. Böhmer, T. Harko, S.V. Sabau // Advances in Theoretical and Mathematical Physics. – 2012. – V. 16, № 4. – P. 1145–1196.
10. Lake, M.J. Dynamical behavior and Jacobi stability analysis of wound strings / M.J. Lake, T. Harko // European Physical Journal C. – 2016. – V. 76, № 6. – 331 (26 pages).
11. Kirsch, A. An introduction to the mathematical theory of inverse problems. 2nd edition / A. Kirsch. – New York et al.: Springer, 2011. – XIV+308 p.
12. Goncharsky, A.V. Supercomputer technologies in inverse problems of ultrasound tomography / A.V. Goncharsky, S.Y. Romanov // Inverse Problems. – 2013. – V. 29, № 7. – P. 1–22.
13. Lorenz, E.N. Deterministic nonperiodic flow / E.N. Lorenz // Journal of the Atmospheric Sciences. – 1963. – V. 20, № 1. – P. 130–141.
14. Floudas, C.A. A review of recent advances in global optimization / C.A. Floudas, C.E. Gounaris // Journal of Global Optimization. – 2009. – V. 45, № 1. – P. 3–38.
15. Luz, E.F.P. A new multi-particle collision algorithm for optimization in a high performance environment / E.F.P. Luz, J.C. Becceneri, H.F. de Campos Velho // Journal of Computational Interdisciplinary Sciences, 2008. – V. 1. – P. 3–10.
16. Torres, R.H. Multi-particle / V.D. Sulimov, P.M. Shkapov // Journal of Mechanics Engineering and Automation. – 2012. – V. 2, № 12. – P. 734–741.
17. Rios-Coelho, A.C.. A Metropolis algorithm combined with Hooke–Jeeves local search method applied to global optimization / A.C. Rios-Coelho, W.F. Sacco, N.A. Henderson // Applied Mathematics and Computation. – 2010. – V. 217, № 2. – P. 843–8.
18. Sulimov, V.D. Optimizatsiya singulyarnykh chisel matric, zavisyashchih ot parametrov, s ispolzovaniem gibridnykh algoritmov / V.D. Sulimov, P.M. Shkapov, A.V. Sulimov // Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. «Estestvennye nauki» [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Nat. Sci.]. – 2016, № 5 (68). – S. 46–66.
19. Sulimov, V.D. Ustoychivost po Yakobi i vychislitel'naya diagnostika dinamicheskikh sistem s ispolzovaniem gibridnykh algoritmov / V.D. Sulimov, P.M. Shkapov, A.V. Sulimov // Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2017, № 4–2 (324). – P. 61–71.

Sulimov Valeriy Dmitrievich

Bauman Moscow State Technical University, Moscow
Senior Teacher of Theoretical Mechanics Department named after prof. N.E. Zhukovskiy
105005, Moscow, 2nd Baumanskaya Street, 5
Ph.: 8-499-263-64-96
E-mail: spm@bmstu.ru

Shkapov Pavel Mikhailovich

Bauman Moscow State Technical University, Moscow
Dr. Sci. (Eng.), Head of Theoretical Mechanics Department named after prof. N.E. Zhukovskiy
105005, Moscow, 2nd Baumanskaya Street, 5
Ph.: 8-499-263-69-69
E-mail: spm2@bk.ru

Sulimov Andrey Valeryevich

Branch of Lomonosov Moscow State University in Sevastopol, Sevastopol
Senior specialist on educational-methodical work of physical practicum
299001, Sevastopol, Geroev Sevastopolya Street, 7
Ph.: +7-(8692)-40-18-27
E-mail: avs7@yandex.ru

УДК 621.437

А.П. АБЛАЕВ

РЕЖИМНЫЕ НАГРУЗКИ И КОМПЛЕКТАЦИЯ ГЛАВНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МОРСКИХ ПЛАВУЧИХ БУРОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Аннотация. *Представлены результаты исследования характера режимных нагрузок энергетических установок, а также предложения по их комплектации для морских плавучих буровых комплексов разведки нефти и газа на континентальном шельфе.*

Ключевые слова: *платформа, скважина, бурение, лебёдка, нагрузка.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карлинский С.Л. Особенности проектирования, строительства и эксплуатации морских сооружений / С.Л. Карлинский, А.А. Малютин. – СПб.: Рубин, 1998. – 250 с.

2. Черенков Н.И. Самоподъемные плавучие платформы и их использование при освоении шельфа / Н.И. Черенков, С.А. Русановский, С.Л. Гончаров // Научно–технические ведомости Севмашвтуза, №1 – 2017. – С.31–36.
3. Черенков Н.И. Некоторые вопросы выбора основных проектных параметров самоподъемных буровых установок / Н.И. Черенков, С.А. Русановский, В.В. Сажинов // Научно–технические ведомости Севмашвтуза, №1 – 2017. – С.23–30.
4. Литошенко В.Н. «Режимы работы специализированных судовых энергетических установок»: методические указания для выполнения курсового проекта /СевГТУ: Сост. В.Н. Литошенко. – Севастополь: Изд-во СевГТУ, 2000. – 96 с
5. Литошенко В.Н. Методы повышения надежности и эффективности элементов энергетических установок судов технического флота. – Киев: Общество «Знание» УССР, 1979. – 25 с.
6. Литошенко В.Н. Повышение надежности энергетического обеспечения морских буровых работ. – Киев: общество «Знание» УССР, 1980 – 24 с.
7. Литошенко В.Н. Проектирование и модернизация судовых энергетических установок / В.Н. Литошенко – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012.–172 с.
8. Мищевич В.И., Логунов Б.М., Уманчик Н.П., Сидоров Р.В., Щекин Ю.Н. Разведка и эксплуатация морских нефтяных и газовых месторождений. – М.: Недра, 1978.–206 с.
9. Шостак В.П. Эффективность техники освоения океана (направление проектных исследований) – Киев: «Наукова думка», 2002.– 135 с.
10. Литошенко В.Н., Ципин В.М. Комплектация энергетических установок морских плавучих кранов.– Л.: Судостроение, №6, 1983.– с.22–24.
11. Лобанов В.А. Справочник по технике освоения шельфа./В.А.Лобанов.– Л.: Судостроение, 1983 – 288 с.

Аблаев Алим Рустемович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь

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

299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33

Тел. 8978–810–05–64

E–mail: ARAblaev@sevsu.ru

A.R. ABLAEV

MODE LOADS AND COMPLETE SETTING OF MAIN ENERGY INSTALLATIONS OF MARINE FLOATING DRILLING COMPLEXES FOR EXPLORATION OF OIL AND GAS DEPOSITS

Abstract. *The results of a study of the nature of the regime loads of power plants, as well as proposals for their configuration for offshore floating drilling systems for oil and gas exploration on the continental shelf are presented.*

Keywords: *platform, well, drilling, winch, load.*

BIBLIOGRAPHY

1. Karlinskiy, S.L. Osobennosti proektirovaniya, stroitelstva i expluatacii morskikh soorugeniyy. SPb.: Rubin, 1998.
2. Cherenkov, N.I., Rusanovskiy, S.A., Goncharov, S.L. “Samopodemnie plavuchie platformy i ih ispolzovanie pri osvoenii shelfa” Nauchno–tehnicheskie vedomosti Sev mashvtuza 1 (2017): 31–36.
3. Cherenkov, N.I., Rusanovskiy, S.A., Saginov, V.V. “Nekotorie voprosi vibora osnovnih proektnih parametrov samopodemnih burovih ustanovok” Nauchno–tehnicheskie vedomosti Sev mashvtuza 1 (2017): 23–30.
4. Litoshenko, V.N. Regimi raboti specializirovannih sudovih energeticheskikh ustanovok. Sevastopol: SevGTU, 2000.
5. Litoshenko, V.N. Metodi povisheniya nadeznosti i effektivnosti elementov energeticheskikh ustanovok sudov tehnikeskogo flota. Kiev: Znanie, 1979.
6. Litoshenko, V.N. Povishenie nadeznosti energeticheskogo obespecheniya morskikh burovih rabot. Kiev: Znanie, 1980.
7. Litoshenko, V.N. Proektirovanie i modernizaciya sudovih energeticheskikh ustanovok. Sevastopol: SevNTU, 2012.

8. Mishevich, V. I., B. M. Logunov, N. P. Umanchik, R. V. Sidorov, and Ju. N. Shekin. Razvedka i ekspluatatsiya morskikh neftyanikh I gazovih mestorogdeniy. M.: Nedra, 1978.

9. Shostak, V.P. Effektivnost tehniki osvoeniya okeana (napravlenie proektnih issledovaniy). Kiev: Naukova dumka, 2002.

10. Litoshenko, V.N., and Cipin, V.M. "Komplektatsiya energeticheskikh ustanovok morskikh plavuchih kranov" Sudostroenie 6 (1983): 22–24.

11. Lobanov, V.A. Spravochnik po tehnike osvoeniya shelfa. L.: Sudostroenie, 1983.

Ablaev Alim Rustemovich

Ph.D., Associate Professor

Sevastopol State University

299053, Sevastopol, Universitetskaya Str. 33

Ph.: 8978–810–05–64

E-mail: ARAblaev@sevsu.ru

УДК 629

И.Н. МОРЕВА, Е.В. ХРОМОВ

КРИВАЯ ПРЕДЕЛЬНОЙ ТЯГИ. ТЯГА НА ШВАРТОВАХ И СКОРОСТЬ ХОДА В ШТОРМОВЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. Настоящая статья посвящена вопросу определения эксплуатационных характеристик гребного комплекса на произвольных режимах.

Ключевые слова: судно, двигатель, мощность, обороты, частота вращения, винтовая характеристика, дизель, скорость хода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артюшков Л.С., Ачкинадзе А.Ш., Русецкий А.А. Судовые движители. Л. Судостроение. 1988.

2. Кацман Ф.М. Эксплуатация пропульсивного комплекса морского судна. М. Транспорт, 1987.

3. Компьютерный практикум по теории корабля. Текстовая часть. / Сост. Былым В.Н.– Севастополь: Изд-во СПИ, 1992. – 134 с.

4. Сопротивление движению судов и движители. Методические указания к практическим занятиям № 1–8 по дисциплине «Статика и динамика» для студентов специальности 7.100201 – «Корабли и океанотехника» всех форм обучения. Часть 2 / Сост. В.Г. Зиньковский– Горбатенко. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2005. – 56 с.

Морева Ирина Николаевна

Севастопольский

государственный университет,

г. Севастополь

кандидат технических наук, доцент

кафедры «Океанотехника и

кораблестроение»

Тел.: +78692544232

E-mail: i.n.moreva@mail.ru

Хромов Егор Владимирович

Севастопольский

государственный университет,

г. Севастополь

кандидат технических наук, доцент

кафедры «Энергоустановки морских судов

и сооружений»

Тел.: +78692243561

E-mail: ev.khromov@mail.ru

I.N. MOREVA, E.V. KHROMOV

CURVE OF EXTREME DRAFT. DRAFT ON MOORING AND COURSE SPEED IN STORM CONDITIONS

Abstract. The present article is devoted to a question of definition of operational characteristics of a rowing complex on any modes.

Keywords: ship, engine, power, turns, rotation frequency, screw characteristic, diesel, course speed.

BIBLIOGRAPHY

1. Artyushkov L. S., Achkinadze A.Sh., Rusetsky A And. Ship propellers. L. Shipbuilding. 1988.
2. Katsman F.M. Operation of a propulsive complex of the sea vessel. M. Transport, 1987.
3. Computer workshop on the theory of the ship. Text part. / Bylym V.N. – Sevastopol: SII publishing house, 1992. – 134 p.
4. Resistance to the movement of vessels and propellers. Methodical instructions to a practical training No. 1–8 on discipline «A statics and dynamics» for students of specialty 7.100201 – «The ships and an ocean engineering» all forms of education. Part 2 / Sost. V.G. Zinkovskiy–Gorbatenko.– Sevastopol: Publishing house of SEVNTU, 2005. – 56 p.

Moreva Irina Nikolaevna
Sevastopol state University,
Sevastopol
Candidate of technical Sciences,
Associate Professor the Department
«Ocean Engineering and Shipbuilding»
Ph: + 78692544232
E-mail: i.n.moreva@mail.ru

Khromov Egor Vladimirovich
Sevastopol State University,
Sevastopol
Candidate of technical Sciences,
Associate Professor of the Department
«Ship power plants and structures»
Ph. +78692243561
E-mail: ev.khromov@mail.ru

УДК 621.224

Е.В. ГЕОРГИЕВСКАЯ

ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ ГИДРОТУРБИН С ПОЗИЦИЙ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЙ

Аннотация. Деградационные отказы оборудования, связанные с естественными процессами старения и изнашивания, возникают, когда его элементы приближаются к предельному состоянию по условиям физического износа. Чтобы не допустить преждевременного отказа оборудования и избежать аварийного останова, необходимо обоснованно определять его индивидуальный ресурс учетом действующих механизмов деградационных отказов, фактических эксплуатационных условий, принятой системы технического обслуживания и ремонта. Корректная оценка долговечности позволяет своевременно запланировать необходимую реконструкцию, модернизацию, замену исчерпавшего ресурс оборудования или внести коррективы в график плановых ремонтов.

Несмотря на длительный положительный опыт эксплуатации до сих пор не существует нормативно закреплённых методик расчета долговечности гидротурбин, а уникальность гидроагрегатов и особенности условий их работы не позволяют накопить необходимую для достоверных оценок статистическую базу. Представленный в статье подход, используя методы механики разрушений, дает возможность построить индивидуальный долгосрочный прогноз развития опасных дефектов с учетом всех конструктивных, технологических и эксплуатационных особенностей.

Ключевые слова: гидротурбина, механика разрушения, трещина, ресурс, надежность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Liu X., Luo Y., Wang Z. A review on fatigue damage mechanism in hydroturbines // Renewable and Sustainable Energy Reviews 54 (2016), p. 1–14. doi: 10.1016/j.rser.2015.09.025.
2. Chirag Trivedi, Bhupendra Gandhi, Cervantes Michel. Effect of transients on Francis turbine runner life: a review // Journal of Hydraulic Research. 2013. Vol. 51–Issue 2. Pp. 112–132. doi: 10.1080/00221686.2012.732971.
3. Георгиевская Е. Ресурс гидротурбин – гарантия надежности и безопасности эксплуатации ГЭС. Аналитический обзор литературы. LAP Lambert Academic Publishing. 2018. 157 p. ISBN 978–613–6–95791–3. (rus).
4. Ming Zhang, Yan Liu, Weiqiang Wang, Pengfei Wang, Jianfeng Li The fatigue of impellers and blades (Review Article) // Engineering Failure Analysis, Volume 62, April 2016, Pages 208–231 doi:10.1016/j.engfailanal.2016.02.001.
5. Георгиевская Е.В. Влияние переходных процессов на надежность и ресурс мощных турбо- и гидроагрегатов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2017. № 3 (323). С. 22–30.
6. Zouhar J., Obrovsky J., Feilhauer M., Skotak A. Case Study and Numerical Analysis of Vibration and Runner Cracks for the Lipno I Hydroelectric Project // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2016. Vol. 49. P. 072011. doi:10.1088/1755–1315/49/7/072011.
7. Георгиевская Е.В. Динамика гидротурбин в условиях расширенного диапазона эксплуатационных режимов // «Динамика и прочность конструкций аэрогидроупругих систем. Численные методы». Труды четвертой научно-технической конференции, 2017. [http://imash.ru/netcat_files/file/Kaplunov/VSE%20ТЕЗИСЫ%20\(испр\).pdf](http://imash.ru/netcat_files/file/Kaplunov/VSE%20ТЕЗИСЫ%20(испр).pdf) (дата обращения 24.01.2018).

8. Панов К.А. Прочностные испытания лопастей радиально–осевых турбин Усть–Илимской ГЭС // В сб.: Гидравлические машины, гидропневмоприводы и гидропневоавтоматика. Современное состояние и перспективы развития. Научные труды Международной научно–технической конференции. Санкт–Петербург, 2016. С. 86–96.

9. D. Frunzäverdel, S. Muntean, G. Mărginean, V. Câmpiani, L. Marşavina, R. Terzi, V. Şerban. Failure analysis of a Francis turbine runner // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2010. Vol. 12. P. 012115. doi:10.1088/1755–1315/12/1/012115.

10. Георгиевская Е.В. Энергетический подход к оценке динамических напряжений в гидротурбинах // Научно–технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2017. № 4. С. 88–97. doi 10.18721/JEST.230408.

11. Георгиевская Е.В. Планово–предупредительные и восстановительные ремонты как инструмент управления ресурсом гидроагрегатов // Гидротехника.2018. №1 (50). С. 48–52.

Георгиевская Евгения Викторовна

ОАО «Научно–производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова» (ОАО «НПО ЦКТИ»), г. Санкт–Петербург

Кандидат физико–математических наук, заведующая лабораторией прочности турбин ТЭС, АЭС и ГЭС

Адрес: Россия, 191167, Санкт–Петербург, ул. Атаманская, д. 3/6

Тел. +7(812)578–87–24, +7(921)971–64–43

E–mail: GeorgievskajaEV@ckti.ru, resurs24@ckti.ru

E.V. GEORGIEVSKAIA

ESTIMATION OF THE HYDRAULIC TURBINES DURABILITY FROM THE FRACTURE MECHANICS POSITIONS

Abstract. *Degradation failures of equipment associated with natural aging and wear occur when its elements are approaching the limit of physical wear conditions. In order to prevent premature destruction of equipment and to avoid emergency shutdown, it is necessary to determine its individual lifetime with considering the existing mechanisms of degradation failures, actual operating conditions, the adopted system of maintenance and repair. The correct durability assessment allows to plan the necessary reconstruction, modernization, replacement of the exhausted equipment or to make adjustments to the schedule of planned repairs.*

Despite the long–term positive experience of operation, there are still no standard methods for calculating the durability of hydraulic turbines, and the uniqueness of hydraulic units and the peculiarities of their working conditions do not allow to accumulate the necessary statistical base for reliable estimates. The approach presented in the article, using the methods of fracture mechanics, makes it possible to build an individual long–term forecast of the development of dangerous defects taking into account all design, technological and operational features.

Keywords: *hydraulic turbine, lifetime, fracture mechanics, crack.*

BIBLIOGRAPHY

1. Liu X., Luo Y., Wang Z. A review on fatigue damage mechanism in hydroturbines // Renewable and Sustainable Energy Reviews 54 (2016), p. 1–14. doi: 10.1016/j.rser.2015.09.025.

2. Chirag Trivedi, Bhupendra Gandhi, Cervantes Michel. Effect of transients on Francis turbine runner life: a review // Journal of Hydraulic Research. 2013. Vol. 51–Issue 2. Pp. 112–132. doi: 10.1080/00221686.2012.732971.

3. Georgievskaya Ye. Resurs gidroturbin – garantiya nadezhnosti i bezopasnosti ekspluatatsii GES. Analiticheskiy obzor literatury. LAP Lambert Academic Publishing. 2018. 157 p. ISBN 978–613–6–95791–3. (rus).

4. Ming Zhang, Yan Liu, Weiqiang Wang, Pengfei Wang, Jianfeng Li The fatigue of impellers and blades (Review Article) // Engineering Failure Analysis, Volume 62, April 2016, Pages 208–231 doi:10.1016/j.engfailanal.2016.02.001.

5. Georgievskaya Ye.V. Vliyaniye perekhodnykh protsessov na nadezhnost i resurs moshchnykh turbo– i gidroagregatov // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. 2017. № 3 (323). S. 22–30.

6. Zouhar J., Obrovsky J., Feilhauer M., Skotak A. Case Study and Numerical Analysis of Vibration and Runner Cracks for the Lipno I Hydroelectric Project // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2016. Vol. 49. P. 072011. doi:10.1088/1755–1315/49/7/072011.

7. Georgievskaya Ye.V. Dinamika gidroturbin v uslovivakh rasshirennoy diapazona ekspluatatsionnykh rezhimov // «Dinamika i prochnost konstruktiv aerogidroupravlyayemykh sistem. Chislennyye metody». Trudy chetvertov nauchno–tekhnicheskoy konferentsii, 2017. [http://imash.ru/netcat_files/file/Kaplunov/VSE%20TEZISY%20\(ispr\).pdf](http://imash.ru/netcat_files/file/Kaplunov/VSE%20TEZISY%20(ispr).pdf) (data obrashcheniya 24.01.2018).

8. Panov K.A. Prochnostnyye ispytaniya lopastev radialno–osevykh turbin Ust–Ilimskoy GES // V sb.: Gidravlicheskiye mashiny, gidropnevmoприводы i gidropnevmoавтоматика. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya. Nauchnyye trudy Mezhdunarodnykh nauchno–tekhnicheskoy konferentsii. Sankt–Peterburg. 2016. S. 86–96.

9. D. Frunzäverdel, S. Muntean, G. Mărginean, V. Câmpiani, L. Marsavina, R. Terzi, V. Şerban. Failure analysis of a Francis turbine runner // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2010. Vol. 12. P. 012115. doi:10.1088/1755–1315/12/1/012115.

10. Georgievskaya Ye.V. Energeticheskiy podkhod k otsenke dinamicheskikh napryazheniy v gidroturbinakh // Nauchno–tekhnicheskkiye vedomosti SPbPU. Yestestvennyye i inzhenernyye nauki. 2017. № 4. S. 88–97. doi 10.18721/JEST.230408.

11. Georgievskaya Ye.V. Planovo–predupreditelnyye i vosstanovitelnyye remonty kak instrument upravleniya resursom gidroagregatov // Gidrotekhnika.2018. №1 (50). S. 48–52.

Georgievskaya Evgenia Viktorovna

JSC «NPO CKTI»

Ph.D., Head of Turbine Strength Test Laboratory for the Thermal, Nuclear and Hydro Power Plants

3/6, Atamanskayast., St. Petersburg, 191167

Tel. +7(812)578-87-24, +7(921)971-64-43

E-mail: GeorgievskayaEV@ckti.ru, resurs24@ckti.ru

УДК 621.77.24

А.Л. ВОРОНЦОВ, Е.О. РЕЩИКОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОГО И НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЙ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ ПРИ РАДИАЛЬНОМ ВЫДАВЛИВАНИИ

***Аннотация.** С помощью теории пластического течения по методу А.Л. Воронцова получены формулы, необходимые для расчёта напряжений и силовых параметров процесса внутреннего радиального выдавливания трубной заготовки.*

Ключевые слова: объёмная штамповка, выдавливание, напряжения, деформации, трубная заготовка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. / Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов и др. М.: Машиностроение. 1982. 423 с.
2. Лепешкин А. В., Михайлин А. А., Шейпак А. А. Гидравлика и гидропневмопривод. Ч. 2. Гидравлические машины и гидропневмопривод. М.: МГИУ. 2003. 352 с.
3. Воронцов А. Л. Теория штамповки выдавливанием. М.: Машиностроение. 2004. 721 с.
4. Воронцов А. Л. Теория малоотходной штамповки. М.: Машиностроение. 2005. 859 с.
5. Воронцов А. Л. Теория и расчеты процессов обработки металлов давлением. Учебное пособие для вузов. Том 1. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2014. 396 с.
6. Воронцов А. Л. Теория и расчеты процессов обработки металлов давлением. Учебное пособие для вузов. Том 2. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2014. 441 с.
7. Холодная объёмная штамповка. Справочник / Под ред. Г. А. Навроцкого. М.: Машиностроение. 1973. 496 с.
8. Ковка и штамповка. Справочник под ред. Е. И. Семёнова. Том 3. Холодная объёмная штамповка. Штамповка металлических порошков / Е. Г. Белков, Г. В. Бнатын, А. Л. Воронцов и др. М.: Машиностроение. 2010. 352 с.
9. Овчинников А. Г. Основы теории штамповки выдавливанием на прессах. М.: Машиностроение. 1983. 200 с.
10. Сторожев М. В., Попов Е. А. Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение. 1977. 423 с.
11. Воронцов А. Л. Некоторые проблемы механики деформируемого твёрдого тела и её технологических приложений. 3. Непарность касательных напряжений // Производство проката. 2010. № 5. С. 2–8.
12. Воронцов А. Л. Некоторые проблемы механики деформируемого твёрдого тела и её технологических приложений. 7. Осесимметричная задача теории пластичности. Напряжённое и кинематическое состояния при осадке цилиндрической заготовки с трением на торцах. Метод баланса работ. Часть 1 // Производство проката. 2010. № 9. С. 2–13.
13. Воронцов А. Л. Некоторые проблемы механики деформируемого твёрдого тела и её технологических приложений. 6. Особенности приложения теории пластичности к анализу операций обработки металлов давлением // Производство проката. 2010. № 8. С. 2–12.
14. Воронцов А. Л. Некоторые проблемы механики деформируемого твёрдого тела и её технологических приложений. 9. Степень деформации и накопленная деформация. Деформированное состояние заготовки и учёт упрочнения при осадке и вдавливании в полупространство. Часть 1 // Производство проката. 2011. № 2. С. 41–48.
15. Воронцов А. Л. Некоторые проблемы механики деформируемого твёрдого тела и её технологических приложений. 7. Осесимметричная задача теории пластичности. Напряжённое и кинематическое состояния при осадке цилиндрической заготовки с трением на торцах. Метод баланса работ. Часть 2 // Производство проката. 2010. № 10. С. 2–14.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
Заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук,
профессор кафедры «Технология обработки материалов»
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр.1
Тел.: +7 (499) 267-17-71
E-mail: avorontsov55@mail.ru

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
магистрант 1-го курса, кафедры «Технология обработки материалов»
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр.1
Тел.: +7 (499) 267-17-71
E-mail: egorreschikov@rambler.ru

A.L. VORONTSOV, E.O. RESCHIKOV

KINEMATIC AND STRESS SYSTEM DETERMINATION OF PIPE WORKPIECE DURING RADIAL PRESSING

Abstract. *With help of plastic flow theory according to A. L. Vorontsov method the equations needed for stress and force parameters of pipe workpiece inside radial pressing is determined.*

Keywords: *die forging, pressing, stress, deformations, pipe workpiece.*

BIBLIOGRAPHY

1. Gidravlika, gidromashiny i gidroprivody. / T. M. Bashta, S. S. Rudnev, B. B. Nekrasov i dr. M.: Mashinostroenie. 1982. 423 s.
2. Lepeshkin A. V., Mihajlin A. A., Shejpak A. A. Gidravlika i gidropnevmoпривод. CH. 2. Gidravlicheskie mashiny i gidropnevmoпривод. M.: MGIU. 2003. 352 s.
3. Voroncov A. L. Teoriya shtampovki vydavlivaniem. M.: Mashinostroenie. 2004. 721 s.
4. Voroncov A. L. Teoriya maloethodnoj shtampovki. M.: Mashinostroenie. 2005. 859 s.
5. Voroncov A. L. Teoriya i raschety processov obrabotki metallov davleniem. Uchebnoe posobie dlya vuzov. Tom 1. M.: Izd-vo MGTU im. N. E.H. Baumana. 2014. 396 s.
6. Voroncov A. L. Teoriya i raschety processov obrabotki metallov davleniem. Uchebnoe posobie dlya vuzov. Tom 2. M.: Izd-vo MGTU im. N. E.H. Baumana. 2014. 441 s.
7. Holodnaya ob»yomnaya shtampovka. Spravochnik / Pod red. G. A. Navrockogo. M.: Mashinostroenie. 1973. 496 s.
8. Kovka i shtampovka. Spravochnik pod red. E. I. Semyonova. Tom 3. Holodnaya ob»yomnaya shtampovka. Shtampovka metallicheskikh poroshkov / E. G. Belkov, G. V. Bnatyan, A. L. Voroncov i dr. M.: Mashinostroenie. 2010. 352 s.
9. Ovchinnikov A. G. Osnovy teorii shtampovki vydavlivaniem na pressah. M.: Mashinostroenie. 1983. 200 s.
10. Storozhev M. V., Popov E. A. Teoriya obrabotki metallov davleniem. M.: Mashinostroenie. 1977. 423 s.
11. Voroncov A. L. Nekotorye problemy mekhaniki deformiruемого tvyordogo tela i eyo tekhnologicheskikh prilozhenij. 3. Neparnost kasatelnyh napryazhenij // Proizvodstvo prokata. 2010. № 5. S. 2–8.
12. Voroncov A. L. Nekotorye problemy mekhaniki deformiruемого tvyordogo tela i eyo tekhnologicheskikh prilozhenij. 7. Osesimmetrichnaya zadacha teorii plastichnosti. Napryazhyonnoe i kinemacheskoe sostoyaniya pri osadke cilindricheskoj zagotovki s treniem na torcah. Metod balansa rabot. CHast 1 // Proizvodstvo prokata. 2010. № 9. S. 2–13.
13. Voroncov A. L. Nekotorye problemy mekhaniki deformiruемого tvyordogo tela i eyo tekhnologicheskikh prilozhenij. 6. Osobennosti prilozheniya teorii plastichnosti k analizu operacij obrabotki metallov davleniem // Proizvodstvo prokata. 2010. № 8. S. 2–12.
14. Voroncov A. L. Nekotorye problemy mekhaniki deformiruемого tvyordogo tela i eyo tekhnologicheskikh prilozhenij. 9. Stepen deformacii i nakoplenaya deformaciya. Deformirovannoe sostoyanie zagotovki i uchyot uprochneniya pri osadke i vdavlivanii v poluprostranstvo. CHast 1 // Proizvodstvo prokata. 2011. № 2. S. 41–48.
15. Voroncov A. L. Nekotorye problemy mekhaniki deformiruемого tvyordogo tela i eyo tekhnologicheskikh prilozhenij. 7. Osesimmetrichnaya zadacha teorii plastichnosti. Napryazhyonnoe i kinemacheskoe sostoyaniya pri osadke cilindricheskoj zagotovki s treniem na torcah. Metod balansa rabot. CHast 2 // Proizvodstvo prokata. 2010. № 10. S. 2–14.

Bauman Moscow State Technical University
Doctor of Tech. Science, Professor of Department
«Technology of material working»
105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya, 5
Tel.: +7 (499) 267-17-71
E-mail: avorontsov55@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University
Student of Department «Technology of material working»
105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya, 5
Tel.: +7 (499) 267-17-71
E-mail: egorreschikov@rambler.ru

УДК 617.582

В.И. ПАХАЛЮК

УЧЕТ ЕЖЕДНЕВНЫХ РЕЖИМОВ АКТИВНОСТИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ИЗНОСА В СФЕРИЧЕСКОМ ШАРНИРЕ С ПОЛИМЕРНЫМ КОМПОНЕНТОМ ТОТАЛЬНОГО ЭНДОПРОТЕЗА ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

Аннотация. В настоящем исследовании выполнена оценка влияния основных видов ежедневного режима активности (ЕРА) пациентов после тотального эндопротезирования (артропластики) тазобедренного сустава (ТАТБС) на параметры износа материалов пары трения путем моделирования линейного и объемного износа по закону Арчарда в сферическом шарнире тотального эндопротеза тазобедренного сустава (ТЭТБС) с полимерным компонентом. Математическая модель износа, построенная на основе алгоритмов и программ конечно-элементного анализа в программных системах ANSYS и MATLAB, исследована численными методами. Используемые в модели виды ЕРА, а именно: горизонтальная ходьба, подъем и опускание по лестнице, посадка на стул и вставание со стула, и глубокое приседание, описывались типичными для них диаграммами угловых перемещений бедренного компонента ТАТБС и диаграммами приложенной силы. Результаты моделирования свидетельствуют о том, что за один и тот же промежуток времени общая величина износа при ЕРА существенно выше, чем в случае горизонтальной ходьбы, которая рекомендуется ISO 14242-1 для испытаний ТЭТБС на износ. Следовательно, оценка величины износа при ЕРА оказывается более информативной для прогнозирования функциональной долговечности ТЭТБС. Анализ результатов моделирования позволяет также отметить, что сумма износов, вычисленных для всех видов ЕРА, практически совпадает с общей величиной износа при ЕРА. Этот эффект независимости вкладов в общую величину износа каждого режима активности, позволяет существенно упростить решение задачи оценки износа при нетипичных видах деятельности, включая стохастические.

Ключевые слова: ежедневный режим активности, износ, конечно-элементное моделирование, сферический сустав.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Affatato S. Quantification of wear and deformation in different configurations of polyethylene acetabular cups using micro x-ray computed tomography/ S.Affatato, F.Zanini, S.Carmignato// Materials. – 2017.–Vol. 100(3). – P. 259–270.
2. Matsushita I. Activities of daily living after total hip arthroplasty. Is a 32-mm femoral head superior to a 26-mm head for improving daily activities?/ I.Matsushita, Y.Morita, R.Gejo, T.Kimura // International Orthopaedics (SICOT). – 2011. – Vol. 35. – P. 25–29.
3. Turley G.F. Establishing a range of motion boundary for total hip arthroplasty /G.F.Turley, S.M.Y.Ahmed, M.A. Williams, D.R. Griffin // Proc InstnMechEngrs, Part H: J Engineering in Medicine. – 2011. – Vol. 225. – P. 769–782.
4. Charbonnier C. Analysis of hip range of motion in everyday life: a pilot study/ C.Charbonnier, S.Chague, J.Schmid et al. // Hip Int. – 2015. – Vol. 25(1). – P. 82–90.
5. Kristofolini I. Preclinical assessment of the long-term endurance of cemented hip stems. Part 1: effects of daily activities – a comparison of two load histories/ I.Kristofolini, A.S.Teutonico, P.Savigni et al. // Proc InstnMechEngrs, Part H: J Engineering in Medicine. – 2007. – Vol. 221. – P. 569–584.
6. Lin H.C. Three-dimensional analysis of kinematic and kinetic coordination of the lower limb joints during stair ascent and descent / H.C.Lin, T.W.Lu, H.C.Hsu // Biomed EngAppl Basis Comm. – 2004. – Vol. 16. – P. 101–108.
7. Abbas S.J. Kinematic analysis of human climbing up and down stairs at different inclinations/ S.J.Abbas, Z.M.Abdulhassan// Eng Tech Journal, Part A. – 2013. – Vol. 31(8). – P. 1556–1566.
8. Livingston L.A. Stairclimbing kinematics on stairs of differing dimensions / L.A.Livingston, J.M.Stevenson, J.O. Sandra// Arch Phys Med Rehabil. – 1991. – Vol. 72. – P. 398–402.
9. Adiputra L.S. Biomechanics of descending and ascending walk / L.S. Adiputra, S. Parasuraman, M.K.A. Ahamed khan, I. Elamvazuthi // Procedia Computer Science. – 2015. – Vol. 76. – P. 264–269.
10. Protopapadaki A. Hip, knee, ankle kinematics and kinetics during stair ascent and descent in healthy young individuals/ A.Protopapadaki, W.I.Drechsler, M.C. Cramp et al. // Clinical Biomechanics. – 2007. – Vol. 22. – P. 203–210.

11. Andriacchi T.P. A study of lower-limb mechanics during stair climbing / T.P. Andriacchi, G.B. Andersson, R.W. Fermier et al. // *J Bone Joint Surg Am.* – 1980. – Vol. 62. – P. 749–757.
12. Hara D. Kinematic analysis of healthy hips during weight-bearing activities by 3D-to-2D model-to-image registration technique / D.Hara, Y.Nakashima, S. Hamai et al. // *BioMed Research International.* – 2014. – P. 1–8.
13. Schenkman M. Whole-body movements during rising to standing from sitting, / M.Schenkman, R.A. Berger, P.O.Riley et al. // *Phys Ther.* – 1990. – Vol 70(10). – P.638–648.
14. Blazkiewicz M. A new method of determination of phases and symmetry in stand-to-sit-to-stand movement / M.Blazkiewicz, I. Wiszomirska, A. Wit // *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health.* – 2014. – Vol 27(4). – P. 660–671.
15. Mourey F. A kinematic comparison between elderly and young subjects standing up from and sitting down in a chair / F.Mourey, T. Pozzo, I.Rouhier–Marcer, J.P. Didier // *Age and Aging.* – 1998. – Vol. 27. – P. 137–146.
16. Millington P.J. Biomechanical analysis of the sit-to-stand motion in elderly persons / P.J.Millington, B.M. Myclebust, G.M. Shambes // *Arch Phys Med Rehabil.* – 1992. – Vol. 73. – P. 609–617.
17. Yoshioka S. Computation of the kinematics and the minimum peak joint moments of sit-to-stand movements / S.Yoshioka, A. Nagano, R. Himeno, S. Fukashiro // *BioMedical Engineering OnLine.* – 2007. – Vol. 6(26). – P. 1–14.
18. Yoshioka S. Biomechanical analysis of the relation between movement time and joint development during a sit-to-stand task / S.Yoshioka, A. Nagano, D.C. Hey, S. Fukashiro // *BioMedical Engineering OnLine.* – 2009. – Vol. 8(27). – P. 1–9.
19. Hemmerich A. Hip, knee, and ankle kinematic of high range of motion activities of daily living / A.Hemmerich, H.Brown, S. Smith et al. // *J Orthop Res.* – 2006. – Vol. 24(4). – P. 770–781.
20. Bagwell J.J. Hip kinematics and kinetics in persons with and without cam femoroacetabular impingement during a deep squat task / J.J.Bagwell, J. Snibbe, M. Gerhardt, C.M. Powers // *ClinBiomech.* – 2016. – Vol. 31. – P. 87–92.
21. Morlock M. Duration and frequency of everyday activities in total hip patients / M.Morlock, E. Schneider, A. Bluhm et al. // *J Biomech.* – 2001. – Vol. 34. – P. 873–881.
22. Reinders J. Wear testing of moderate activities of daily living using in vivo measured knee joint loading / J.Reinders, R. Sonntag, L. Vot et al. // *PLoS ONE.* – 2015. – Vol. 10(3). – P. 1–14.
23. Poliakov A. Biosimilar artificial knee for transfemoral prostheses and exoskeletons / A.Poliakov, V.Pakhaliuk, N. Lozinskiy et al. // *Facta Universitatis–Series Mechanical Engineering.* – 2016. – Vol. 14(3). – P. 321–328.
24. Archard J.F. Contact and rubbing of flat surfaces / J. F.Archard // *Journal of Applied Physics.* – 1953. – Vol. 24. – P. 981–988.
25. Popov V.L. Contact mechanics and friction. Physical principles and applications. – Berlin: Springer. – 2017. – 391 p.
26. Sivasankar M. Wear analysis of acetabular cup for daily activities / M.Sivasankar, K.S.S. Reddy, T. Benarjee et al. // *Indian J Biomech.* – 2012. – Vol. 3(1–2). – P. 13–19.
27. Pakhaliuk V.I. Improving the finite element simulation of wear of total hip prosthesis spherical joint with the polymeric component / V.I.Pakhaliuk, A.M. Polyakov, M.I. Kalinin, V.A. Kramar // *Procedia Engineering.* – 2015. – Vol. 100. – P. 539–548.
28. Пахалюк В.И. Расширение условий моделирования износа в сферическом шарнире с полимерным элементом тотального эндопротеза тазобедренного сустава / В.И. Пахалюк // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии.* – 2017. – № 4–2 (324). – С. 34–43.
29. Poliakov A. System analysis and synthesis of total hip joint endoprosthesis / A.Poliakov, V. Pakhaliuk, M. Kalinin et al. // *Procedia Engineering.* – 2015. – Vol. 100. – P. 530–538.
30. Maxian T.A. A sliding-distance-coupled finite element formulation for polyethylene wear in total hip arthroplasty / T.A.Maxian, T.D. Brown, D.R. Pedersen, J.J. Callaghan, // *J Biomech.* – 1996. – Vol. 27. – P. 687–692.
31. Kang L. A simple fully integrated contact-coupled wear prediction for ultra-high weight polyethylene hip implants / L.Kang, A.I. Galvin, Z.M. Jin, J. Fisher // *Proc InstnMechEngrs, Part H: J Engineering in Medicine.* – 2006. – Vol. 220(1). – P. 35–46.
32. Bergmann G. Standardized loads acting in hip implants / G.Bergmann, A. Bender, G.Dymke et al. // *PLoS ONE.* – 2016. – Vol. 11(5). – P. 1–23.
33. Poliakov O. Stand and control system for wear testing of the spherical joints of vehicle suspension at complex loading conditions / O.Poliakov, V. Pakhaliuk, V. Lazarev et al. // *IFAC Proceedings Volumes (IFAC–PapersOnline).* – 2013. – Vol. 1. – P. 106–111.
34. Pakhaliuk V. The kinematic and dynamic performances of the loading mechanism of the hip joint wear simulator, / V.Pakhaliuk, A.Poliakov, I.Desyatov et al. // *Annals of DAAAM for 2011 & Proceedings of the 22nd International DAAAM Symposium.* – 2011. – Vol. 22(1). P. –0595–0596.
35. Li Q. On the possibility of frictional damping with reduced wear: A note on the applicability of Archard's law of adhesive wear under conditions of fretting / Q.Li, V.L. Popov // *Physical Mesomechanics.* – 2017. – Vol. 20(5). – P. 91–95.
36. Popov V.L. Simulation of wear in combustion engines / V.L.Popov, A. Gervé, B. Kehrwald et al. // *Computational Materials Science.* – 2000. – Vol. 19(1–4). – P. 285–291.
37. Pohrt R. Complete boundary element formulation for normal and tangential contact problems / R.Pohrt, Q. Li // *Physical Mesomechanics.* – 2014. – Vol. 17(4). – P. 334–340.

Пахалюк Владимир Иванович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Техническая механика и машиноведение»

ул. Университетская 33, г. Севастополь, 299053

V.I. PAKHALIUK

THE CONSIDERING OF ACTIVITY OF DAILY LIVING AT SIMULATION OF WEAR IN A SPHERICAL JOINT WITH POLYMERIC COMPONENT OF A TOTAL HIP REPLACEMENT

Abstract. *The present study assessed the impact of the main typical activities of patients daily living (ADL) after total hip arthroplasty (THA) on wear parameters of sliding couples materials by simulation the linear and volumetric wear according to the Archards law in a spherical joint with a polymeric element of a total hip replacement (THR). The mathematical wear model, built on the basis of algorithms and custom codes of finite element analysis in ANSYS and MATLAB software systems, has been studied numerically. The activities used in the model were: level walking, stair ascending–stair descending, chair sitting–chair rising, and deep squatting. They were described by typical waveforms of the angular displacements of the THRs femoral component and the waveforms of the applied force. The results of the simulation show that for the same duration the overall wear value with ADL is significantly higher than in a case of level walking according to the requirements of ISO 14242–1. Therefore, the evaluation of the wear value for ADL is more informative for predicting the functional life time of the THR. Analysis of simulation results shows that the amount of wear calculated for all activities separately is practically the same as the overall wear value obtained at summary action of ADL. This effect of the independence of contributions to the total amount of wear of each activity makes it possible to significantly simplify the solution of the problem of wear estimating for typical activities, including stochastic ones.*

Keywords: *activities of daily living, total hip replacement, wear, finite element simulation, spherical joint.*

BIBLIOGRAPHY

1. Affatato S. Quantification of wear and deformation in different configurations of polyethylene acetabular cups using micro x–ray computed tomography/ S.Affatato, F.Zanini, S.Carmignato// *Materials*. – 2017.–Vol. 100(3). – P. 259–270.
2. Matsushita I. Activities of daily living after total hip arthroplasty. Is a 32–mm femoral head superior to a 26–mm head for improving daily activities?/ I.Matsushita, Y.Morita, R.Gejo, T.Kimura // *International Orthopaedics (SICOT)*. – 2011. – Vol. 35. – P. 25–29.
3. Turley G.F. Establishing a range of motion boundary for total hip arthroplasty / G.F.Turley, S.M.Y.Ahmed, M.A.Williams, D.R.Griffin// *Proc InstnMechEngrs, Part H: J Engineering in Medicine*. – 2011. – Vol. 225. – P. 769–782.
4. Charbonnier C. Analysis of hip range of motion in everyday life: a pilot study/ C.Charbonnier, S.Chague, J.Schmid et al. // *Hip Int*. – 2015. – Vol. 25(1). – P. 82–90.
5. Kristofolini I. Preclinical assessment of the long–term endurance of cemented hip stems. Part I: effects of daily activities – a comparison of two load histories/ I.Kristofolini, A.S.Teutonico, P.Savigni et al. // *Proc InstnMechEngrs, Part H: J Engineering in Medicine*. – 2007. – Vol. 221. – P. 569–584.
6. Lin H.C. Three–dimensional analysis of kinematic and kinetic coordination of the lower limb joints during stair ascent and descent / H.C.Lin, T.W.Lu, H.C.Hsu // *Biomed EngAppl Basis Comm*. – 2004. – Vol. 16. – P. 101–108.
7. Abbas S.J. Kinematic analysis of human climbing up and down stairs at different inclinations/ S.J.Abbas, Z.M.Abdulhassan// *Eng Tech Journal, Part A*. – 2013. – Vol. 31(8). – P. 1556–1566.
8. Livingston L.A. Stairclimbing kinematics on stairs of differing dimensions / L.A.Livingston, J.M.Stevenson, J.O. Sandra// *Arch Phys Med Rehabil*. – 1991. – Vol. 72. – P. 398–402.
9. Adiputra L.S. Biomechanics of descending and ascending walk / L.S.Adiputra, S.Parasuraman, M.K.A.Ahamed khan, I.Elamvazuthi// *Procedia Computer Science*. – 2015. – Vol. 76. – P. 264–269.
10. Protopapadaki A. Hip, knee, ankle kinematics and kinetics during stair ascent and descent in healthy young individuals/ A.Protopapadaki, W.I.Drechsler, M.C. Cramp et al. // *Clinical Biomechanics*. – 2007. – Vol. 22. – P. 203–210.
11. Andriacchi T.P. A study of lower–limb mechanics during stair climbing/ T.P.Andriacchi, G.B.Andersson, R.W.Fermier et al. // *J Bone Joint Surg Am*. – 1980. – Vol. 62. – P. 749–757.
12. Hara D. Kinematic analysis of healthy hips during weight–bearing activities by 3D–to–2D model–to–image registration technique/ D.Hara, Y.Nakashima, S. Hamai et al. // *BioMed Research International*. – 2014. – P. 1–8.
13. Schenkman M. Whole–body movements during rising to standing from sitting, / M.Schenkman, R.A. Berger, P.O.Riley et al. // *Phys Ther*. – 1990. – Vol 70(10). – P.638–648.
14. Blazkiewicz M. A new method of determination of phases and symmetry in stand–to–sit–to–stand movement / M.Blazkiewicz, I. Wiszomirska, A. Wit // *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*. – 2014. – Vol 27(4). – P. 660–671.
15. Mourey F.A. Kinematic comparison between elderly and young subjects standing up from and sitting down in a chair / F.Mourey, T. Pozzo, I.Rouhier–Marcer, J.P. Didier // *Age and Aging*. – 1998. – Vol. 27. – P. 137–146.
16. Millington P.J. Biomechanical analysis of the sit–to–stand motion in elderly persons/ P.J.Millington, B.M. Myclebust, G.M. Shambes// *Arch Phys Med Rehabil*. – 1992. – Vol. 73. – P. 609–617.

17. Yoshioka S. Computation of the kinematics and the minimum peak joint moments of sit-to-stand movements / S.Yoshioka, A. Nagano, R. Himeno, S. Fukashiro // *BioMedical Engineering OnLine*. – 2007. – Vol. 6(26). – P. 1–14.
18. Yoshioka S. Biomechanical analysis of the relation between movement time and joint development during a sit-to-stand task / S.Yoshioka, A. Nagano, D.C. Hey, S. Fukashiro // *BioMedical Engineering OnLine*. – 2009. – Vol. 8(27). – P. 1–9.
19. Hemmerich A. Hip, knee, and ankle kinematic of high range of motion activities of daily living/ A.Hemmerich, H.Brown, S. Smith et al. // *J Orthop Res*. – 2006. – Vol. 24(4). – P. 770–781.
20. Bagwell J.J. Hip kinematics and kinetics in persons with and without cam femoroacetabular impingement during a deep squat task/ J.J.Bagwell, J. Snibbe, M. Gerhardt, C.M. Powers // *ClinBiomech*. – 2016. – Vol. 31. – P. 87–92.
21. Morlock M. Duration and frequency of everyday activities in total hip patients/ M.Morlock, E. Schneider, A. Bluhm et al. // *J Biomech*. – 2001. – Vol. 34. – P. 873–881.
22. Reinders J. Wear testing of moderate activities of daily living using in vivo measured knee joint loading/ J.Reinders, R. Sonntag, L. Vot et al. // *PLoS ONE*. – 2015. – Vol. 10(3). – P. 1–14.
23. Poliakov A. Biosimilar artificial knee for transfemoral prostheses and exoskeletons/ A.Poliakov, V.Pakhaliuk, N. Lozinskiy et al. // *FactaUniversitatis–Series Mechanical Engineering*. – 2016. – Vol. 14(3). – P. 321–328.
24. Archard J.F. Contact and rubbing of flat surfaces/ J. F.Archard // *Journal of Applied Physics*. – 1953. – Vol. 24. – P. 981–988.
25. Popov V.L. Contact mechanics and friction. Physical principles and applications. – Berlin: Springer. – 2017. – 391 p.
26. Sivasankar M. Wear analysis of acetabular cup for daily activities/ M.Sivasankar, K.S.S. Reddy, T. Benarjee et al. // *Indian J Biomech*. – 2012. – Vol. 3(1–2). – P. 13–19.
27. Pakhaliuk V.I. Improving the finite element simulation of wear of total hip prosthesis spherical joint with the polymeric component/ V.I.Pakhaliuk, A.M. Polyakov, M.I. Kalinin, V.A. Kramar // *Procedia Engineering*. – 2015. – Vol. 100. – P. 539–548.
28. Pakhaliuk V.I. Rasshireniye usloviy modelirovaniya iznosa v sfericheskom sharnire s polimernym elementom totalnogo endoproteza tazobedrennogo sustava / V.I. Pakhaliuk // *Fundamentalnyye i prikladnyye problem tekhniki i tekhnologii*. – 2017. – № 4–2 (324). – S. 34–43.
29. Poliakov A. System analysis and synthesis of total hip joint endoprosthesis/ A.Poliakov, V. Pakhaliuk, M. Kalinin et al. // *Procedia Engineering*. – 2015. – Vol. 100. – P. 530–538.
30. Maxian T.A. A sliding–distance–coupled finite element formulation for polyethylene wear in total hip arthroplasty/ T.A.Maxian, T.D. Brown, D.R. Pedersen, J.J. Callaghan, // *J Biomech*. – 1996. – Vol. 27. – P. 687–692.
31. Kang L. A simple fully integrated contact–coupled wear prediction for ultra–high weight polyethylene hip implants / L.Kang, A.I. Galvin, Z.M. Jin, J. Fisher // *Proc InstnMechEngrs, Part H: J Engineering in Medicine*. – 2006. – Vol. 220(1). – P. 35–46.
32. Bergmann G. Standardized loads acting in hip implants/ G.Bergmann, A. Bender, G. Dymke et al. // *PLoS ONE*. – 2016. – Vol. 11(5). – P. 1–23.
33. Poliakov O. Stand and control system for wear testing of the spherical joints of vehicle suspension at complex loading conditions/ O.Poliakov, V. Pakhaliuk, V. Lazarev et al. // *IFAC Proceedings Volumes (IFAC–PapersOnline)*. – 2013. – Vol. 1. – P. 106–111.
34. Pakhaliuk V. The kinematic and dynamic performances of the loading mechanism of the hip joint wear simulator, / V.Pakhaliuk, A. Poliakov, I. Desyatov et al. // *Annals of DAAAM for 2011 & Proceedings of the 22nd International DAAAM Symposium*. – 2011. – Vol. 22(1). P. –0595–0596.
35. Li Q. On the possibility of frictional damping with reduced wear: A note on the applicability of Archards law of adhesive wear under conditions of fretting/ Q.Li, V.L. Popov // *Physical Mesomechanics*. – 2017. – Vol. 20(5). – P. 91–95.
36. Popov V.L. Simulation of wear in combustion engines/ V.L. Popov, A. Gervé, B. Kehrwald et al. // *Computational Materials Science*. – 2000. – Vol. 19(1–4). – P. 285–291.
37. Pohrt R. Complete boundary element formulation for normal and tangential contact problems / R. Pohrt, Q. Li // *Physical Mesomechanics*. – 2014. – Vol. 17(4). – P. 334–340.

Pakhaliuk Vladimir Ivanovich

FSAEI HE “Sevastopol State University”

Ph.D., Associate Professor, Head of Engineering Mechanics and Machinery Department

Universitetskaya Str. 33, Sevastopol, 299053

Ph. 8 (692) 435–161

E– mail: pahaluk@sevsu.ru

УДК 621.91

А.В. НЕМЕНКО, М.М. НИКИТИН

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПЕРЕГРЕВА ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

Аннотация. В настоящей работе получен высокопроизводительный алгоритм дальнего прогноза температуры для предотвращения перегрева при обработке металлов резанием. Управляющим воздействием системы при превышении прогнозного значения температуры над допустимым представляется увеличение количества подаваемой в рабочую зону смазочно-охлаждающей жидкости, уменьшение скорости резания, уменьшение подачи станка, либо комбинация этих воздействий.

Ключевые слова: обработка металлов резанием, металлорежущие станки, обработка на станках с ЧПУ, перегрев, прогноз температуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ.ред. А.А. Панова - М.: Машиностроение, 2004. - 784 с.
2. Ren, H. Mechanics of Machining With Chamfered Tools/H. Ren, Y. Altintas// J. Manuf. Sci. Eng 122(4), (Dec 1999), p.650-659.
3. Abukshim, N.A. Heat generation and temperature prediction in metal cutting: A review and implications for high speed machining/N.A. Abukshim, P.T. Mativenga, M.A. Sheikh// International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 46, Issues 7-8, (June 2006), p.782-800
4. Тимошенко А.В., Лебедев В.В. Предотвращение аварийных ситуаций при работе со станком с ЧПУ./А.В. Тимошенко, В.В. Лебедев // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XIV Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2014. – С. 179-181.
5. Altintas Y. Manufacturing automation: metal cutting mechanics, machine tool vibrations, and CNC design./Y. Altintas – Cambridge University Press, 2012– 364 p.
6. Baker M. A finite element model of high speed metal cutting with adiabatic shearing /M. Baker, J. Rosler, C. Siemens// Comput. Struct. 80 (2002) p.495-513
7. Lei S. Thermo-mechanical modelling of orthogonal machining process by finite element analysis /S. Lei, Y.-C. Schin, F.P. Incropera// Int. J. Mach. Tools Manuf. 39 (1999) 731 - 750.
8. Неменко А.В. Применение асимптотических методов к задаче прогнозирования тепловых переходных процессов в судовой энергетической установке/ А.В. Неменко, М.М. Никитин // Вестник СевНТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. – Севастополь, 2011. – вып. 119 – с. 66 – 70.
9. Mihail Nikitin. Asymptotic expansion of a function defined by power series [Электронный ресурс]: Электрон. страница (1 файл 194 Кб). – Свободный доступ из сети Интернет – <http://arxiv.org/abs/1006.0178v2>.
10. Неменко А.В. Прогнозная оценка параметров теплового поля судовой энергетической установки/ А.В. Неменко, М.М. Никитин// Вестник СевНТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. – Севастополь, 2014. – вып. 148 – с. 207 – 210.

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. +79780621579
E-mail: m.nikitin.1979@gmail.com

A.V. NEMENKO, M.M. NIKITIN

OVERHEATING PREVENTION DURING MACHINING OF METALS

Abstract. In this paper for this purpose, a high-performance long-range forecasting algorithm has been obtained overheating prevention during machining of metals. The controlling effect of the system when the forecast temperature exceeds the permissible value is an increase in the amount of lubricant supplied to the working zone, a reduction in the cutting speed, a decrease in the feed of the machine, or a combination of these effects.

Keywords: metal machining, metal cutting machines, CNC machining, overheating, temperature forecast.

BIBLIOGRAPHY

1. Obrabotka metallov rezaniem: Spravochnik tekhnologa/A.A. Panov, V.V. Anikin, N.G. Bojm i dr.; Pod obshch.red. A.A. Panova - M.: Mashinostroenie, 2004. - 784 s.

2. Ren, H. Mechanics of Machining With Chamfered Tools/H. Ren, Y. Altintas// J. Manuf. Sci. Eng 122(4), (Dec 1999), p.650-659.
3. Abukshim, N.A. Heat generation and temperature prediction in metal cutting: A review and implications for high speed machining/N.A. Abukshim, P.T. Mativenga, M.A. Sheikh// International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 46, Issues 7–8, (June 2006), p.782-800
4. Timoshenko A.V., Lebedev V.V. Predotvrashchenie avarijnyh situacij pri rabote so stankom s CHPU./A.V. Timoshenko, V.V. Lebedev // Problemy informatiki v obrazovanii, upravlenii, ehkonomike i tekhnike: Sb. statej XIV Mezhdunar. nauchno-tekhn. konf. – Penza: PDZ, 2014. – S. 179-181.
5. Altintas Y. Manufacturing automation: metal cutting mechanics, machine tool vibrations, and CNC design./Y. Altintas – Cambridge University Press, 2012– 364 p.
6. Baker M. A finite element model of high speed metal cutting with adiabatic shearing /M. Baker, J. Rosler, C. Siemens// Comput. Struct. 80 (2002) p.495-513
7. Lei S. Thermo-mechanical modelling of orthogonal machining process by finite element analysis /S. Lei, Y.-C. Shin, F.P. Incropera// Int. J. Mach. Tools Manuf. 39 (1999) 731 - 750.
8. Nemenko A.V. Primenenie asimptoticheskikh metodov k zadache prognozirovaniya teplovyh perekhodnyh processov v sudovoj ehnergeticheskoj ustanovke/ A.V. Nemenko, M.M. Nikitin // Vestnik SevNTU. Ser. Mekhanika, ehnergetika, ehkologiya: sb. nauch. tr. – Sevastopol, 2011. – vyp. 119 – s. 66 – 70.
9. Mihail Nikitin. Asymptotic expansion of a function defined by power series [EHlektronnyj resurs]: EHlektron. stranica (1 fajl 194 Kb). – Svobodnyj dostup iz seti Internet – <http://arxiv.org/abs/1006.0178v2>.
10. Nemenko A.V. Prognoznaya ocenka parametrov teplovogo polya sudovoj ehnergeticheskoj ustanovki/ A.V. Nemenko, M.M. Nikitin// Vestnik SevNTU. Ser. Mekhanika, ehnergetika, ehkologiya: sb. nauch. tr. – Sevastopol, 2014. – vyp. 148 – s. 207 – 210.

Nemenko Aleksandra Vasilyevna

Federal State Autonomous Educational Foundation
«Sevastopol State University», Sevastopol
Ph.D., assistant professor of chair «Technical Mechanics
and Machine Theory»
299053, Sevastopol, ul. Universitetskaya, 33
Ph.: +79788330519
E-mail: valesan@list.ru

Nikitin Mikhail Mikhailovich

Federal State Autonomous Educational Foundation
«Sevastopol State University», Sevastopol
Post-graduate student of chair «Higher Mathematics»,
engineer of laboratory «Stochastic modeling of systems»
299053, Sevastopol, ul. Universitetskaya, 33
Ph.: +79780621579
E-mail: m.nikitin.1979@gmail.com

УДК 004.93 11

А.М. ПОЛЯКОВ

РАСПОЗНАВАНИЕ ФАЗЫ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ИНВАЛИДА ПРИ ХОДЬБЕ НА ТРАНСФЕМОРАЛЬНОМ ПРОТЕЗЕ

Аннотация. *Неправильное распознавание фазы двигательной активности при ходьбе на управляемом протезе может приводить к потере устойчивости инвалида с последующим падением. Вероятность падения возрастает также в случае превышения критического времени или критических ошибок распознавания фазы активности и связанных с ними неправильных команд, генерируемых системой управления протезом. В связи с этим качество алгоритмов распознавания фазы активности и намерений инвалида осуществить то или иное двигательное действие в ближайшей перспективе оказывает непосредственное влияние на уровень его безопасности в процессе ходьбы. В данной работе обоснован метод быстрого распознавания фазы двигательной активности инвалида при ходьбе на управляемом трансфеморальном протезе, основанный на свойствах моментных инвариантов X_u , использование которого в интеллектуальных системах управления позволит свести к минимуму критические ошибки, время распознавания режима и фазы активности, и, следовательно, повысить безопасность инвалида в процессе ходьбы.*

Ключевые слова: *управляемый трансфеморальный протез, безопасность ходьбы на протезе, режим двигательной активности, фаза двигательной активности, распознавание, моментные инварианты X_u .*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Poliakov, A. Transfemoral prostheses control in a frame of intellectual-synergetic concept/A. Poliakov, V. Pakhaliuk, V. Kolesova, P. Shtanko, M. Ovchinnikova// Proc. of the 2017 2nd Int. Conf. on Autom., Mech. and Elect. Eng. (Amee 2017). – 2017. – Vol. 87. – P. 245-253.
2. Varol, H.A. Multiclass real-time intent recognition of a powered lower limb prosthesis/ H.A. Varol, F. Sup, M. Goldfarb// IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 2010. – Vol. 57, No3. – P.542–551.
3. Poliakov, A. Biosimilar artificial knee for transfemoral prostheses and exoskeletons/A. Poliakov, V. Pakhaliuk, N. Lozinskiy, M. Kolesova, P. Bugayov, P. Shtanko// Facta Univesitatis. Series Mechanical Engineering. – 2016. – Vol. 14, No3. – P. 321-328.

4. Tucker, M.R. Control strategies for active lower extremity prosthetics and orthotics: a review/ M.R.Tucker, J. Olivier, A.Pagel, H.Bleuler, M.Bouri, O.Lamercy, J.-R. Millan, R. Riener, H. Vallery, R.Gassert//Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. – 2015. – Vol.12, No1. – P. 1-29.
5. Huang, H. Continuous locomotion-mode identification for prosthetic legs based on neuromuscular mechanical fusion/H.Huang, F. Zhang, L.J. Hargrove, Z. Dou, D.R. Rogers, K.B. Englehart//IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 2011. – Vol. 58, No10. – P. 2867-2875.
6. Zhang, F. Preliminary study of the effect of user intent recognition errors on volitional control of powered lower limb prostheses/ F. Zhang, M. Liu, H. Huang// Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. -2012. – P. 2768-2771.
7. Zhang, F. Effects of locomotion mode recognition errors on volitional control of powered above-knee prostheses/F. Zhang, M. Liu, H. Huang// IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering. – 2014. – Vol. 23, No1. – P. 64-72.
8. Hu, M.K. Visual pattern recognition by moment invariants/M.K. Hu//IRE Transactions on Information Theory. – 1962. – Vol. 8, No2. – P. 179-187.
9. Бернштейн, Н.А. О ловкости и ее развитии/Н.А. Бернштейн. – М.: Физическое воспитание и спорт. – 287 с.
10. Flusser, J. Moments and moment invariants in pattern recognition/J. Flusser, T. Suk, B.Zitova. – Chichester: John Wiley and Sons Ltd Pub. – 294 p.
11. Абрамов, Н.С. Распознаваниеосновеинвариантныхмоментов/Н.С. Абрамов, Н.С. Хачумов//Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Математика, информатика, физика. – 2014. - №2. – С. 142-149.
12. Arafah, M. Efficient image recognition technique using invariant moments and principle component analysis/M.Arafah, Q.A. Moghli//Journal of Data Analysis and Information Processing. – 2017. – Vol. 5. – P. 1-10.
13. Al-Azzo, F.3D Human action recognition using Hu moment invariants and euclidean distance classifier/F. Al-Azzo, A.M. Taqi, M.Milanova//International Journal of Advanced Computer Science and Applications. – 2017. – Vol. 8, No4. – P. 12-21.
14. Hochreiter, S. Long short-term memory/S.Hochreiter, J.Schmidhuber// Neural Computation. – 1997. – Vol. 9, No. 8. – P. 1735-1780.

Поляков Александр Михайлович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»;
кандидат технических наук, доцент кафедры «Машиноведение и техническая механика»;
ул. А. Косарева, 14а, г. Севастополь, Россия;
Тел.:+7 978 703 88 26
E-mail: a.m.poljakov@sevsu.ru

A.M. POLIAKOV

**RECOGNITION OF MOTOR ACTIVITY PHASE AT THE WALKING
OF INVALIDE ON THE TRANSFEMORAL PROSTHESIS**

Abstract. *Incorrect recognition of the phase of motor activity when walking on a controlled prosthesis can lead to loss of stability of the disabled person with a subsequent fall. The likelihood of a fall also increases in the case of exceeding the critical time or critical errors in the recognition of the activity phase and the associated incorrect commands generated by the prosthetic control system. In this connection, the quality of the algorithms for recognizing the phase of activity and the intentions of the disabled person to effect this or that motor action in the near future has a direct impact on the level of his safety during walking. In this paper, developed the method for the rapid recognition of the phase of the motor activity of a disabled person with walking on a controlled transfemoral prosthesis is based on the properties of the moment invariants H_u , the use of which in intelligent control systems will minimize critical errors, the time of recognition of the regime and the activity phase, and, consequently, improve the safety of the disabled in the process of walking.*

Keywords: *controlled transfemoral prosthesis, walking safety on the prosthesis, motor activity mode, motor activity phase, recognition, moment invariants H_u .*

BIBLIOGRAPHY

1. Poliakov, A. Transfemoral prostheses in the frame of the intellectual-synergetic concept / A. Poliakov, V. Pakhaliuk, V.Kolesova, P.Shtanko, MOvchinnikova // Proc. of the 2017 2nd Int. Conf. on Autom., Mech. and Elect. Eng. (Amee 2017). - 2017. - Vol. 87. - P. 245-253.
2. Varol, H.A. Multiclass real-time intent recognition of a powered lower limb prosthesis / H.A. Varol, F. Sup, M. Goldfarb // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. - 2010. - Vol. 57, No. 3. - P.542-551.
3. Poliakov, A. Biosimilar artificial knee for transfemoral prostheses and exoskeletons / A. Poliakov, V. Pakhaliuk, N.Loizinskiy, M.Kolesova, P.Bugayov, P. Shtanko // FactaUnivesitatis. Series Mechanical Engineering. - 2016. - Vol. 14, No. 3. - P. 321-328.

4. Tucker, M.R. Control strategies for active lower extremity prosthetics and orthotics: a review / M.R. Tucker, J. Olivier, A.Pagel, H.Bleuler, M.Bouri, O.Lambercy, J.-R. Millan, R. Riener, H. Vallery, R. Gassert // Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. - 2015. - Vol.12, No1. - P. 1-29.
5. Huang, H. Continuous locomotion-mode identification for prosthetic legs based on neuromuscular mechanical fusion / H. Huang, F. Zhang, L.J. Hargrove, Z. Dou, D.R. Rogers, K.B. Englehart // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. - 2011. - Vol. 58, No10. - P. 2867-2875.
6. Zhang, F., Zhang, M. Liu, H. Huang, Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. -2012. - P. 2768-2771.
7. Zhang, F. Effects of locomotion mode recognition errors on volitional control of powered above-knee prostheses / F. Zhang, M. Liu, H. Huang // IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering. 2014. Vol. 23, No1. - P. 64-72.
8. Hu, M.K. Visual pattern recognition by moment invariants / M.K. Hu // IRE Transactions on Information Theory. - 1962. - Vol. 8, No2. - P. 179-187.
9. Bernstein, N.A. Tendency of its development / NA. Bernshteyn. - M.: Physical education is an import. - 287 sec.
10. Flusser, J. Moments and moment invariants in pattern recognition / J. Flusser, T. Suk, B.Zitova. - Chichester: John Wiley and Sons Ltd Pub. - 294 p.
11. Abramov, N.S. Recognition of the basis of invariant moments / NS. Abramov, N.S. Khachumov // Bulletin of the Russian University of Peoples' Friendship. Series: Mathematics, computer science, physics. - 2014. - №2. - P. 142-149.
12. Arafah, M. Efficient image recognition technique using invariant moments and principle component analysis / M.Arafah, Q.A. Moghli // Journal of Data Analysis and Information Processing. - 2017. - Vol. 5. - P. 1-10.
13. Al-Azzo, F. 3D Human action recognition using Hu moment invariants and euclidean distance classifier / F. Al-Azzo, A.M. Taqi, M.Milanova // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. - 2017. - Vol. 8, No 4. - P. 12-21.
14. Hochreiter, S. Long short-term memory / S.Hochreiter, J. Schmidhuber // Neural Computation. - 1997. - Vol. 9, No. 8. - P. 1735-1780.

Poliakov Aleksandr Mihailovich

Sevastopol State University;

PhD, associate professor of the chair of Engineering Science and Technical Mechanics;

A. Kosareva str., 14a, Sevastopol, Russian Federation;

Phone:+7 978 703 88 26

E-mail: a.m.poljakov@sevsu.ru

ТЕХНОЛОГИИ И ИНСТРУМЕНТЫ

УДК 519.3:05.011.56:621.865.8

А.И. БОХОНСКИЙ, А.И. РЫЖКОВ

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МАНИПУЛЯТОРОМ С УПРУГОЙ РУКОЙ

Аннотация. В цилиндрической системе координат исследовано оптимальное управление поступательным и вращательным движениями упругой руки манипулятора, найденное с привлечением реверсионного принципа оптимальности (РПО). С использованием моментных соотношений в относительном движении упругой руки (колебаний руки) определялось минимально возможное время для достижения абсолютного покоя центра масс схвата в конечном положении руки.

Ключевые слова: манипулятор, цилиндрические координаты, упругая рука, оптимальное управление, минимальное время движения, достижение абсолютного покоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солодовников, В.В. Основы теории и элементы систем регулирования. /В.В. Солодовников, В.Н. Плотников, А.В. Яковлев. – М.: Машиностроение, 1985. – 536 с.
2. Троицкий, А.И. Оптимальные процессы колебаний механических систем. – Л.: Машиностроение, 1976. – 248с.
3. Черноусько Ф.Л. Управление колебаниями. /Ф.Л. Черноусько, П.Д. Акуленко, Б.Н. Соколов. – М.: Наука, 1980. – 384 с.
4. Крутко, П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: линейные модели. / П.Д. Крутко. – М.: Наука, 1988. – 326 с.

5. Красовский, Н.Н. Теория оптимального управления. – М.: Наука, 1968. – 476 с.
6. Карновский, И.А., Почтман Ю.М. Методы оптимального управления колебаниями деформируемых систем – К. «Высш. школа», 1982. – 416 с.
7. Бохонский, А.И., Варминская Н.И., Мозолевский М.И. Оптимальное управление переносным движением деформируемых объектов: теория и технические приложения. /Под общ. ред. А.И. Бохонского. – Севастополь, изд-во Сев ГТУ, 2007. – 296 с.
8. Бохонский, А.И., Варминская Н.И. Вариационное и реверсионное исчисления в механике. / Под общ. ред. А.И. Бохонского. – Севастополь, изд-во СевНТУ, 2012. – 212 с.
9. Бохонский, А.И. Актуальные задачи вариационные исчисления. Монография, Pabmarium Academic Publishing, Deutschland / Германия, 2013. – 77 p.
10. Бохонский, А.И. Реверсионный принцип оптимальности: монография / Под общ.ред. А.И. Бохонского.– М.: Вузовский учебник: ИНФРА, 2016. – 174 с.
11. Bokhonsky, A.I. Modelling and analysis of elastic system in motion / A.I. Bokhonsky, S.Y. Zolkiewski. – Gliwice.: Wydawnictwo Politechniki, 2011.– 171 p.
12. Bokhonsky, A.I. Modelling and investigation of discrete-continuous vibrating mechatronic systems with damping monografia. / Andrzej Buchacz, Aleksandr Bokhonsky, Marek Placzek, Andrzej Wrobel – Wydawnictwo Politechniki, Gliwice, 2013. – 207 p.

Бохонский Александр Иванович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь
Профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Техническая механика и машиноведение» 299053, г. Севастополь г, ул. Университетская 33
Тел. 8 (978) 7393968
E-mail: bohon.alex@mail.ru

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@gmail.com

A.I. BOKHONSKY, A.I. RYZHKOV

OPTIMAL CONTROL OF MANIPULATOR WITH ELASTIC HAND

Abstract. *In the cylindrical coordinate system the optimal control of the translational and rotational motions (which were found using the reversion principle of optimality (RPO)) of the elastic arm of the manipulator were investigated. Using the moment relationships in the relative motion of the elastic hand (arm vibrations), the minimum possible time was determined to achieve absolute rest of the center of mass of manipulator clamp in the final position of the hand.*

Keywords: *manipulator, cylindrical coordinates, elastic hand, optimal control, minimum time of motion, achievement of absolute rest.*

BIBLIOGRAPHY

1. Solodovnikov, V.V. Fundamentals of the theory and elements of regulatory systems. / B.V. Solodovnikov, V.N. Plotnikov, A.V. Yakovlev. – М.: Mechanical Engineering, 1985. – 536 p.
2. Troitsky, A.I. Optimal processes of oscillations of mechanical systems. – L.: Mechanical Engineering, 1976. – 248 p.
3. Chernousko F.L. Control of oscillations. / F.L. Chernoushko, P.D. Akulenko, BN Sokolov. – Moscow: Nauka, 1980. – 384 p.
4. Krutko, P.D. Inverse problems of the dynamics of controllable systems: linear models. / P.D. Krutko. – Moscow: Nauka, 1988. – 326 p.
5. Krasovsky, N.N. Theory of optimal control. – Moscow: Nauka, 1968. – 476 p.
6. Karnovsky, IA, Pochtman Yu.M. Methods of optimal control of oscillations of deformable systems – К. «Superior. school», 1982. – 416 p.
7. Bokhonsky, AI, Warminskaya NI, Mozolevsky M.I. Optimum control of portable motion of deformable objects: theory and technical applications. Under the Society. Ed. A.I. Bokhonsky. – Sevastopol, publishing house SevGU, 2007. – 296 p.
8. Bokhonsky, AI, Warminskaya N.I. Variational and reversion calculus in mechanics. / A.I. Bokhonsky. – Sevastopol, publishing house SevNTU, 2012. – 212 p.
9. Bokhonsky, A.I. Actual problems of calculus of variations. Monograph, Pabmarium Academic Publishing, Deutschland / Germany, 2013. – 77 p.
10. Bokhonsky, A.I. Reversion principle of optimality: monograph /. A.I. Bokhonsky.– М.: Vuzovskiyi uchebник: INFRA, 2016. – 174 p.

11. Bokhonsky, A.I. Modelling and analysis of elastic system in motion / A.I. Bokhonsky, S.Y. Zolkiewski. – Gliwice.: Wydawnictwo Politechniki, 2011.– 171 p.

12. Bokhonsky, A.I. Modelling and investigation of discrete–continuous vibrating mechatronic systems with damping monografia. / Andrzej Buchacz, Aleksandr Bokhonsky, Marek Placzek, Andrzej Wrobel – Wydawnictwo Politechniki, Gliwice, 2013. – 207 p.

Bokhonsky Alexander Ivanovich

FGAOU VO «Sevastopol State University», the city of Sevastopol

Professor, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of «Technical Mechanics and Engineering Science»

299053, city of Sevastopol, st. University 33

Tel. 8 (978) 7393968

E–mail: bohon.alex@mail.ru

Ryzhkov Alexander Igorevich

FGAOU VO «Sevastopol State University», the city of Sevastopol

Assistant of the department «Technical mechanics and machine science»

299053, city of Sevastopol, st. University 33

Tel. 8 (978) 847–37–49

E–mail: ryzhkov2206@gmail.com

УДК 681.51

А.В. ДОЛОГЛОНЯН, А.К. СУХОВ

ПРИБЛИЖЕННАЯ МОДЕЛЬ ПЕРВОЙ ФАЗЫ ВСПЛЫТИЯ МОРСКИХ НЫРЯЮЩИХ БУЕВ

***Аннотация.** Разработаны упрощенные уравнения движения дрейфтера для первой фазы всплытия, пренебрегающие изменением плотности вдоль координаты. Используя полученные решения, произведены оценки погрешностей и исследовано влияние геометрических и физических параметров дрейфтера на его скорость.*

Ключевые слова: дрейфтер, уравнение движения, подводный аппарат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краснодубец Л.А., Забурдаев В.И., Альчаков В.В. Управление морскими буями–профилемерами как метод повышения репрезентативности термохалинных измерений. Модели движения // Морской гидрофизический журнал. 2012. №4. С.69–79.

2. Davis, R.E., Sherman, J.T. and Dufour, J. Profiling ALACEs and other advances in autonomous subsurface floats. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 18:982–993. Dell, R.M. (2001).

3. Смирнов Г.В. Океанология: средства и методы океанологических исследований / Г.В. Смирнов, В.Н. Еремеев, М.Д. Агеев, Г.К. Коротаяев, В.С. Ястребов, С.В. Мотыжев. – М.: Наука, 2005. – 795 с.

4. Лазарюк А.Ю. Устранение динамических погрешностей данных СТД измерения в океане / А.Ю. Лазарюк, В.И. Пономарев // Вестник ДВО РАН. 2006. №4 – С. 106–111.

5. Dasaro, E.A., 2003. Performance of autonomous Lagrangian floats. J. Atmos. Ocean. Tech., 20,896–911.

6. Дологлонян А.В. Сухов А.К. Энергосберегающие режимы всплытия и погружения морских дрейфтеров // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: ИПТС, 2017. – Вып. 10 (30). – С. 16–23.

7. Никифоров А.Ф., Уваров В.Б. Специальные функции математической физики. М.: Наука, 1984. – 344 с.

8. IOC, SCOR and IAPSO, 2010: The international thermodynamic equation of seawater – 2010: Calculation and use of thermodynamic properties. Intergovernmental Oceanographic Commission, Manuals and Guides No. 56, UNESCO (English), 196 pp. (Available from <http://www.TEOS-10.org>).

9. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1987. – 840 с.

10. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. 6. Гидродинамика. – М.: Наука, 1988. – 736 с.

Дологлонян Андрей Варгазарович

ФГБНУ Институт природно–технических систем Российской Федерации, г. Севастополь

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник

E–mail: dologlonyan@hotmail.com

Сухов Андрей Константинович

ФГБНУ Институт природно–технических систем Российской Федерации, г. Севастополь

Доктор технических наук, главный научный сотрудник

E–mail: dologlonyan@hotmail.com

A.V. DOLOGLONYAN, A.K. SUKHOV

RESEARCH OF GEOMETRICAL AND PHYSICAL PARAMETERS INFLUENCE OF THE DRIFT BOAT ON ITS SPEED

Abstract. *The simplified equations of the drift boat movement for the first phase of emersion neglecting of density change along coordinate are developed. Using the received decisions, estimates of errors are made and influence of geometrical and physical parameters of the drift boat on its speed is investigated.*

Keywords: *drift boat, equation of the movement, undersea vehicle.*

BIBLIOGRAPHY

1. Krasnodubec L.A., Zaburdaev V.I., Alchakov V.V. Upravleniemorskimibuyami–profilemeramikametodpovysheniya reprezentativnostitermohalinnyhizmerenij. Mo–deli dvizheniya // Morskogidrofizicheskijzhurnal. 2012. №4. S.69–79.
2. Davis, R.E., Sherman, J.T. and Dufour, J. Profiling ALACEs and other advances in autonomous subsurface floats. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 18:982–993. Dell, R.M. (2001).
3. Smirnov G.V. Okeanologiya: sredstva i metodyokeanologicheskikhissledovanij / G.V. Smirnov, V.N. Ereemeev, M.D. Ageev, G.K. Korotaev, V.S. YAstrebov, S.V. Motyzhev. – M.: Nauka, 2005. – 795 s.
4. Lazaryuk A.YU. Ustranenedinamicheskikh pogreshnostejdannyyh STD izmereniya v okeane / A.YU. Lazaryuk, V.I. Ponomarev // Vestnik DVO RAN. 2006. №4 – С. 106–111.
5. DAsaro, E.A., 2003. Performance of autonomous Lagrangian floats. J. Atmos. Ocean. Tech., 20,896–911.
6. Dologlonyan A.V. Suhov A.K. EHnergoberegayushchierzhimyvsplytiya i pogruzheniyamorskikhdrifterov // Sistemykontrolyaokruzhayushchejsredy. – Sevastopol: IPTS, 2017. – Vyp. 10 (30). – S. 16–23.
7. Nikiforov A.F., Uvarov V.B. Specialnyefunkciimatematiceskofiziki. M.: Nauka, 1984. – 344 s.
8. IOC, SCOR and IAPSO, 2010: The international thermodynamic equation of seawater – 2010: Calculation and use of thermodynamic properties. Intergovernmental Oceanographic Commission, Manuals and Guides No. 56, UNESCO (English), 196 pp. (Available from <http://www.TEOS-10.org>).
9. Lojcyanskij L.G. Mekhanikazhidkosti i gaza. – M.: Nauka, 1987. – 840 s.
10. Landau L.D., Lifshic E.M. Teoreticheskaya fizika. T. 6. Gidrodinamika. – M.: Nauka, 1988. – 736 s.

Dologlonyan Andrey Vartazarovich

FSBSI Institute of nature and technical systems of Russian Federation, Sevastopol
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
E-mail: dologlonyan@hotmail.com

Suhov Andrey Konstantinovich

FSBSI Institute of nature and technical systems of Russian Federation, Sevastopol
Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher
E-mail: dologlonyan@hotmail.com

УДК 621.9.04

A.A. МУРАВЬЕВ, Н.С. МАРКОВА, А.С. ТАРАПАНОВ

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Аннотация. *В статье рассмотрены наиболее распространенные аддитивные технологии, которые могут применяться в наукоемких отраслях: машиностроении, приборостроении, аэрокосмической отрасли. Определены направления развития и совершенствования установок трёхмерной печати. Даны эксплуатационные свойства изделий полученных по наиболее распространённым технологиям, таких как SLM и FDM. Установлено, аддитивные технологии могут составить серьёзную конкуренцию традиционным методам серийного производства.*

Ключевые слова: *аддитивные технологии, 3D–печать, технологии 3D–печати, 3D–принтеры.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моделирование методом послойного наплавления (FDM) | Энциклопедия 3D–печати [Электронный ресурс] URL: http://3dtoday.ru/wiki/FDM_print/ (дата обращения 21.05.2018).

2. Шишковский И.В. Лазерный синтез функционально–градиентных мезоструктур и объемных изделий. – М.: Физматлит, 2009. – 424 с.
3. Sintratec S1 – Sintratec [Электронный ресурс] URL: <https://sintratec.com/products/s1> (дата обращения 21.05.2018).
4. SLS 3D Принтер Red Rock [Электронный ресурс] URL: <http://www.rengineer.ru/projects/90/> (дата обращения 21.05.2018).
5. Технология многоструйного моделирования (MJM) | Энциклопедия 3D–печати [Электронный ресурс] URL: http://3dtoday.ru/wiki/MJM_print/ (дата обращения 21.05.2018).
6. Технология DMD – прямое нанесение металла [Электронный ресурс] URL: http://3d.globatek.ru/3d_printing_technologies/dmd_tech/ (дата обращения 21.05.2018).
7. Смулов И.Ю. Аддитивное производство с помощью лазера. Проведение экспериментальных работ / Смулов И.Ю., Мовчан И.А., Ядройцев И.А., Окунькова А.А., Черкасова Н.Ю., Антоненкова Г.В. // Вестник МГТУ «Станкин». 2012. № 1. С. 36–38.
8. REC. Испытание прочности 3D–печати Москва // ООО «ПРОМЕДИА», «Аддитивные технологии» №1, 2017. – 40 с. (16–19 с.)
9. ESA tests 3D printing for space: redesign Tropomi mirror using AM | 3D Printer News & 3D Printing News [Электронный ресурс] URL: <https://www.3ders.org/articles/20141008-esa-tests-3d-printing-for-space-redesign-tropomi-mirror-using-am.html> (дата обращения 21.05.2018).
10. Launch to the Future by Integrated Efficiency 13 steps less – 1 step ahead [Электронный ресурс] URL: http://www.lzn-hamburg.de/fileadmin/user_upload/PDF_s/Flyer/LZN-branchenflyer-aerospace.pdf (дата обращения 21.05.2018).
11. Разрешение 3d принтера, описание, понятие и сущность данного параметра 3d печати [Электронный ресурс] URL: <http://getfab.ru/post/621/> (дата обращения 21.05.2018).
12. Top 3D Expo 2018: Профессиональная FDM–печать. Новые материалы. Новые горизонты применения / Блог компании Top 3D Shop / Хабр [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/company/top3dshop/blog/371517/> (дата обращения 21.05.2018).
13. Voodoo Manufacturing aim for a 24/7 3D printing factory with robot–arm powered Project Skywalker – 3D Printing Industry [Электронный ресурс] URL: <https://3dprintingindustry.com/news/voodoo-manufacturing-aim-247-3d-printing-factory-robot-arm-powered-project-skywalker-108157/> (дата обращения 21.05.2018).
14. Гибсон Я., Розен Д., Стакер Б. Технологии аддитивного производства. Трехмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2016. – 656 с.

Муравьев Андрей Александрович
ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орел
Аспирант кафедры машиностроения
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
E-mail: andrei-20101@yandex.ru

Маркова Наталья Сергеевна
ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орел
Студент кафедры электроники, радиотехники и систем связи
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
E-mail: maggotps@gmail.com

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

A.A. MURAVEV, N.S. MARKOVA, A.S. TARAPANOV

PERSPECTIVE DIRECTIONS OF DEVELOPMENT AND APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN MECHANICAL ENGINEERING

Abstract. *The article considers the most common additive technologies that can be used in science-intensive industries: mechanical engineering, instrument making, aerospace. Directions for the development and improvement of 3D printing installations have been determined. The operational properties of products obtained using the most common technologies, such as SLM and FDM, are given. It has been established that additive technologies can seriously compete with traditional methods of mass production.*

Keywords: *additive technologies, 3D printing, 3D printing technologies, 3D printers.*

BIBLIOGRAPHY

1. Modeling by the method of layer-by-layer fusing (FDM) | Encyclopedia of 3D printing [Electronic resource] URL: http://3dtoday.ru/wiki/FDM_print/ (circulation date 21.05.2018).
2. Shishkovsky I.V. Laser synthesis of functional gradient mesostructures and volumetric products. – Moscow: Fizmatlit, 2009. – 424 p.
3. Sintratec S1 – Sintratec [Electronic resource] URL: <https://sintratec.com/products/s1> (circulation date 21.05.2018).
4. SLS 3D Printer Red Rock [Electronic resource] URL: <http://www.rengineer.ru/projects/90/> (circulation date 21.05.2018).
5. Multi-jet simulation technology (MJM) | Encyclopedia of 3D printing [Electronic resource] URL: http://3dtoday.ru/wiki/MJM_print/ (circulation date 21.05.2018).
6. DMD technology – direct metal deposition [Electronic resource] URL: http://3d.globatek.ru/3d_printing_technologies/dmd_tech/ (circulation date 21.05.2018).
7. Smurov I.Yu. Additive production using a laser. Conducting experimental works / Smurov I.Yu., Movchan I.A., Yadrojtsev I.A., Okunkova A.A., Cherkasova N.Yu., Antonenkova G.V. // Bulletin of MSTU «Stankin». 2012. № 1. P. 36–38.
8. REC. Test of the strength of 3D printing Moscow // ООО «PROMEDIA», «Additive Technologies» № 1, 2017. – 40 p. (16–19 p.)
9. ESA tests 3D printing for space: redesign Tropomi mirror using AM | 3D Printer News & 3D Printing News [Electronic resource] URL: <https://www.3ders.org/articles/20141008-esa-tests-3d-printing-for-space-redesign-tropomi-mirror-using-am.html> (circulation date 21.05.2018).
10. Steps to the Future by Integrated Efficiency 13 steps less – 1 step ahead [Electronic resource] URL: http://www.lzn-hamburg.de/fileadmin/user_upload/PDF_s/Flyer/LZN-branchenflyer-aerospace.pdf (date of circulation on 21.05.2018).
11. The resolution of the 3d printer, the description, concept and essence of this parameter of 3d printing [Electronic resource] URL: <http://getfab.ru/post/621/> (circulation date 21.05.2018).
12. Top 3D Expo 2018: Professional FDM–printing. New materials. New horizons of application / Blog of the company Top 3D Shop / Habr [Electronic resource] URL: <https://habr.com/company/top3dshop/blog/371517/> (circulation date 21.05.2018).
13. Voodoo Manufacturing aiming for a 24/7 3D printing factory with a robot–arm powered Project Skywalker – 3D Printing Industry [Electronic resource] URL: <https://3dprintingindustry.com/news/voodoo-manufacturing-aim-247-3d-printing-factory-robot-arm-powered-project-skywalker-108157/> (circulation date 21.05.2018).
14. Gibson J., Rosen D., Staker B. Additive Production Technologies. Three–dimensional printing, rapid prototyping and direct digital production. M.: TECHNOSPHERE, 2016. – 656 p.

Muravev Andrei Aleksandrovich

OSU named I.S. Turgenev, Orel
Post–graduate student of the
Machine Building Department
302026, Orel, st. Komsomolskaya, 95
E–mail: andrei–20101@yandex.ru

Markova Natalia Sergeevna

OSU named I.S. Turgenev, Orel
Student
Department of Electronics, Radio Engineering and
Communication Systems
302026, Orel, st. Komsomolskaya, 95
E–mail: maggotps@gmail.com

Tarapanov Aleksander Sergeevich

OSU named I.S. Turgenev, Orel
Doctor of Technical Sciences, Professor of the
Machine Building Department
302026, Orel, st. Komsomolskaya, 95
E–mail: tarapanov@rambler.ru

К.Ю. ФЕДОРОВСКИЙ

ОПТИМАЛЬНЫЙ РАЗМЕР КАНАЛА СУДОВЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ЛАБИРИНТНОГО ТИПА

Аннотация. В отечественном и зарубежном судостроении все чаще используются замкнутые системы охлаждения энергетических установок. Для отвода теплоты могут быть использованы теплообменники лабиринтного типа. Приведены зависимости, описывающие теплоотдачу в таких каналах. С их использованием определены оптимальные размеры поперечного сечения лабиринтного канала. Это позволяет достичь максимальных значений коэффициентов теплопередачи и снизить массогабаритные показатели таких систем охлаждения.

Ключевые слова: система охлаждения, теплообменный аппарат, лабиринтный канал, оптимальный размер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федоровский К.Ю. Замкнутые системы охлаждения судовых энергетических установок / К.Ю. Федоровский, Н.К. Федоровская. – М.: ИНФРА–М, 2017. – 160с.
2. Федоровская Н.К. Экологически безопасная система охлаждения энергоустановок / Н.К. Федоровская // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии.– 2017.– № 4–2 (324). – С. 127–133.
3. Федоровский К.Ю. Природоохранная технология обеспечения охлаждения судовой энергетической установки / К.Ю. Федоровский, Н.К. Федоровская // Сб. науч. трудов Гос. университета морского и речного флота им. С.О. Макарова.– С.Петербург, 2016. – С. 356–362.
4. Шурпяк В.К. Учет особенностей систем охлаждения при оценке энергетической эффективности судов / В.К. Шурпяк // Научно–технический сборник Российского морского регистра судоходства. – 2014.– №37.– С. 51–55.

Федоровский Константин Юрьевич

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Энергоустановки морских судов и сооружений»,
299053, Севастополь, ул. Университетская 33.
тел. +79787096617,
E-mail: fedkonst@rambler.ru

K.Yu. FEDOROVSKY

OPTIMAL SIZE CHANNEL OF SHIPS HEAT EXCHANGERS OF LABYRINTH TYPE

Abstract. In domestic and foreign shipbuilding, closed systems for cooling power plants are increasingly being used. For heat removal heat exchangers of labyrinth type can be used. Dependences describing heat transfer in such channels are given. With their use, the optimal cross-sectional dimensions of the labyrinth channel have been determined. This allows you to achieve the maximum values of heat transfer coefficients and reduce the weight and dimensions of such systems cooling.

Keywords: cooling system, heat exchanger, labyrinth channel, optimal size.

BIBLIOGRAPHY

1. Fedorovsky K.Yu. Closed cooling systems for ship power installations / K.Yu. Fedorovsky, N.K. Fedorovskaya. – М.: INFRA–M, 2017. – 160s.

2. Fedorovskaya N.K. Ecologically safe system for cooling power plants / N.K. Fedorovskaya // Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology.– 2017.– No. 4–2 (324). – P. 127–137.
3. Fedorovsky K.Yu. Environmental protection technology for cooling the ships power plant / K.Yu. Fedorovsky, N.K. Fedorovskaya // Sb. sci. works of the State. University of the Marine and River Fleet named after S.O. Makarova.–S.Peterburg, – 2016. – P. 356–362.7–133.
4. Shurpak V.K. Accounting for the features of cooling systems in assessing the energy efficiency of ships / V.K. Shurpyak // Scientific and technical collection of the Russian Maritime Register of Shipping. – 2014.– No. 37.– P. 51–55.

Fedorovskiy Konstantin Yuryevich

Sevastopol State University Sevastopol,
Doctor of Techn. Sciences, Professor,
Head of department Power plants marine vessels and structures,
299053, Sevastopol, Universitetskaya, 33,
Tel. +79787096617,
E-mail: fedkonst@rambler.ru

УДК 621.9–219.1–752

А.О. ХАРЧЕНКО, С.М. БРАТАН, Е.А. ВЛАДЕЦКАЯ, Д.О. ВЛАДЕЦКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ С УЧЕТОМ ВИБРАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА СТАНОК В УСЛОВИЯХ ПЛАВУЧЕЙ МАСТЕРСКОЙ

Аннотация. В статье рассмотрены результаты экспериментальных исследований подтверждена адекватность разработанных ранее теоретических моделей, предусматривающих наличие и необходимость фильтрации вибрационных воздействий от внешней среды (морского волнения) и соседнего работающего оборудования. Разработанные методики и конструкции экспериментальных стендов для исследования качества процессов шлифования дают возможность изучать закономерности возникновения вибраций и их параметров, воздействующих на станок при разных уровнях внешних факторов – от морского волнения до окружающего станок работающего оборудования в производственных условиях плавучей мастерской.

Ключевые слова: плавучая мастерская, шлифовальный станок, процесс шлифовальной обработки, виброизмерения, амплитуда виброперемещения, частота механических колебаний, морское волнение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Братан С.М. Анализ влияния колебаний, передаваемых через фундамент станка, на качество процесса шлифования / С.М. Братан, Е.А. Владецкая // Вестник НТУ «ХПИ» – Технология в машиностроении: сб. науч. тр. – Харьков: НТУ «ХПИ» – 2008. – №35.– С. 13–22.
2. Владецкая Е.А. Расчёт параметров качества обрабатываемой поверхности при шлифовании / Е.А. Владецкая // Наукові праці ДонНТУ – Серія «Машинобудування і машинознавство». – Вип. 6(154). – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – С. 29–34.
3. Владецкая Е.А. Разработка формирующего фильтра, моделирующего динамику морского волнения плавучей ремонтной мастерской / Е.А. Владецкая // Вісник СевНТУ. – Вип.150: Машиноприладобудування та транспорт; зб. наук. пр. – Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2014. – С. 36–40.
4. Владецкая Е.А. Уменьшение высоты волнистости поверхности при шлифовании в условиях плавучих ремонтных мастерских / Е.А. Владецкая, С.М. Братан // «Машиностроение – глазами молодых»: матер. междунар. научн.–техн. конф., г. Кременчуг, 30 октября–1 ноября 2013 г. – Кременчуг: КрНУ, 2013.– С. 143–145.
5. Владецкая Е.А. Повышение качества шлифовальной обработки в условиях плавучей мастерской / Е.А. Владецкая, С.М. Братан // Перспективы науки – 2016: Сборник докладов III Международного конкурса научно–исследовательских работ (29 апреля 2016 года). Том III (Естественные и технические науки). – Казань: ООО «Робета Союз», 2016. – С.247–257.
6. Гавриш А.П. Алмазно–абразивная обработка / А.П. Гавриш, Н.Н. Хасан // Резание и инструмент в технологических системах: межд. науч.–техн. сб.– Харьков: ХГПУ, 1988. – Вып. 52.– С. 43–46.

7. Евсеев Д.Г. Физические основы процесса шлифования / Д.Г. Евсеев, А.Н. Сальников. – Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1978. – 124 с.
8. Маслов Е.Н. Абразивная обработка металлов / Е.Н. Маслов. – В кн.: Развитие науки о резании металлов. – М.: Машиностроение, 1987. – С. 333–378.
9. Дунин–Барковский И.В. Измерение и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности / И.В. Дунин–Барковский, А.Н. Карташова. – М.: Машиностроение, 1978. – 232 с.
10. Кузнецов Ю.Н. Теория технических систем: учебник / Ю.Н. Кузнецов, Ю.К. Новоселов, И.В. Луцив. – Севастополь: СевНТУ, 2010. – 252 с.
11. Новиков Ф.В. Условия формирования шероховатости поверхности при алмазно–абразивной обработке / Ф.В. Новиков, В.П. Ткаченко // Резание и инструмент в технологических системах: межд. науч.–техн. сб. – Харьков: ХГПУ, 2001.– Вып. 60. – С. 171–176.
12. Братан С.М. Повышение качества деталей при шлифовании в условиях плавучих мастерских: монография/ С.М. Братан, Е.А. Владецкая, Д.О. Владецкий, А.О. Харченко. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА–М, 2018. – 154 с.
13. Sergey Bratan, Improvement of quality of details at round grinding in the conditions of a floating workshop // Sergey Bratan, Ekaterina Vladetskaya, AleksanderKharchenko / MATEC Web Conf. Volume 129, 2017. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2017).

Харченко Александр Олегович

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

Братан Сергей Михайлович

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

Владецкая Екатерина Александровна

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

Владецкий Дмитрий Олегович

Филиал ФГБОУ ВО «Государственный морской университет им. Адм. Ф.Ф. Ушакова» в г. Севастополь
Кандидат технических наук, доцент кафедры 299009, г. Севастополь, ул. Героев Севастополя, 11, корп.8/22
E–mail: vladetski@gmail.com

A.O. KHARCHENKO, S.M. BRATAN, E.A. VLADETSKAYA, D.O. VLADETSKY

**INVESTIGATION OF THE GRINDING PROCESS
WITH THE ACCOUNT VIBRATION IMPACTS ON THE MACHINE
IN THE CONDITIONS OF A FLOATING WORKSHOP**

Abstract. *The article considers the results of experimental studies confirming the adequacy of the previously developed theoretical models that provide for the presence and necessity of filtering vibrational influences from the external environment (sea waves) and neighboring operating equipment. The developed techniques and designs of experimental stands for the study of the quality of grinding processes make it possible to study the regularities of the appearance of vibrations and their parameters that affect the machine at various levels of external factors – from sea waves to the surrounding machine tools of operating equipment in the production conditions of a floating workshop.*

Keywords: *floating workshop, grinding machine, grinding process, vibration measurement, amplitude of vibration displacement, frequency of mechanical vibrations, sea waves.*

BIBLIOGRAPHY

1. Bratan S.M. Analiz vliyaniya kolebaniy, peredavayemykh cherez fundament stanka, na kachestvo protsessa shlifovaniya / S.M. Bratan, Ye.A. Vladetskaya // Vestnik NTU «KHPI» – Tekhnologiya v mashinostroyenii: sb. nauch. tr. – Kharkiv: NTU «KHPI» – 2008. – №35.– S. 13–22.
2. Vladetskaya Ye.A. Raschot parametrov kachestva obrabatyvayemoy poverkhnosti pri shlifovanii / Ye.A. Vladetskaya // NaukovipratsiDonNTU – Seriya «Mashinobuduvannya i mashinoznavstvo». – Vip. 6(154). – Donetsk: DonNTU, 2009. – S. 29–34.
3. Vladetskaya Ye.A. Razrabotka formiruyushchego filtra, modeliruyushchego dinamiku morskogo volneniya plavuchey remontnoy masterskoy / Ye.A. Vladetskaya // VisnikSevNTU. – Vip.150: Mashinopriladobuduvannya ta transport; zb. nauk. pr. – Sevastopol: Vid-vo SevNTU, 2014. – S. 36–40.
4. Vladetskaya Ye.A. Umensheniye vysoty volnistosti poverkhnosti pri shlifovanii v usloviyakh plavuchikh remontnikh masterskikh / Ye.A. Vladetskaya, S.M. Bratan // «Mashinostroyeniye – glazami molodykh»: mater. mezhdunar. nauchn.–tekhn. konf., g. Kremenchug, 30 oktyabrya–Inoyabrya 2013 g. – Kremenchug: KrNU, 2013.– S. 143–145.
5. Vladetskaya Ye.A. Povysheniye kachestva shlifovalnoy obrabotki v usloviyakh plavuchey masterskoy / Ye.A. Vladetskaya, S.M. Bratan // Perspektivy nauki – 2016: Sbornik dokladov III Mezhdunarodnogo konkursa nauchno–issledovatel'skikh rabot (29 aprelya 2016 goda). Tom III (Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki). – Kazan: OOO «Roketa Soyuz», 2016. – S.247–257.
6. Gavrish A.P. Almazno–abrazivnaya obrabotka / A.P. Gavrish, N.N. Khasan // Rezaniiye i instrument v tekhnologicheskikh sistemakh: mezhd. nauch.–tekhn. sb.– Kharkov: KHGPU, 1988. – Vyp. 52.– S. 43–46.
7. Yevseyev D.G. Fizicheskiye osnovy protsessa shlifovaniya / D.G. Yevseyev, A.N. Salnikov. – Saratov: Izd-vo Saratovskogo un-ta, 1978. – 124 s.
8. Maslov Ye.N. Abrazivnaya obrabotka metallov / Ye.N. Maslov. – V kn.: Razvitiye nauki o rezanii metallov. – M.: Mashinostroyeniye, 1987. – S. 333– 378.
9. Dunin–Barkovskiy I.V. Izmereniye i analiz sherokhovatosti, volnistosti i nekruglosti poverkhnosti / I.V. Dunin–Barkovskiy, A.N. Kartashova. – M.: Mashinostroyeniye, 1978. – 232 s.
10. Kuznetsov YU.N. Teoriya tekhnicheskikh sistem: uchebnik / YU.N. Kuznetsov, YU.K. Novoselov, I.V. Lutsiv. – Sevastopol: SevNTU, 2010. – 252 s.
11. Novikov F.V. Usloviya formirovaniya sherokhovatosti poverkhnosti pri almazno–abrazivnoy obrabotke / F.V. Novikov, V.P. Tkachenko // Rezaniiye i instrument v tekhnologicheskikh sistemakh: mezhd. nauch.–tekhn. sb. – Kharkov: KHGPU, 2001.– Vyp. 60. – S. 171–176.
12. Bratan S.M. Povysheniye kachestva detaley pri shlifovanii v usloviyakh plavuchikh masterskikh: monografiya/ S.M. Bratan, Ye.A. Vladetskaya, D.O. Vladetskiy, A.O. Kharchenko. – M.: Vuzovskiy uchebnik: INFRA–M, 2018. – 154 s.
13. Sergey Bratan, Improvement of quality of details at round grinding in the conditions of a floating workshop // Sergey Bratan, Ekaterina Vladetskaya, AleksanderKharchenko / MATEC Web Conf. Volume 129, 2017. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2017).

Kharchenko Alexander Olegovich

«Sevastopol State University», Sevastopol
Ph.D., professor of the department «Technology of mechanical engineering»
299053, Sevastopol, Universitetskaya St., 33
Ph: 54–05–57
E–mail: khao@list.ru

Bratan Sergey Mikhaylovich

«Sevastopol State University», Sevastopol
Doctor of Engineering, professor, head of the department «Technology of mechanical engineering»
299053, Sevastopol,
Universitetskaya St., 33
Ph: 54–05–57
E–mail: serg.bratan@gmail.com

Vladetskaya Ekaterina Aleksandrovna

«SevastopolStateUniversity», Sevastopol
Ph.D., assistant professor of the department «Technology of mechanical engineering»
299053, Sevastopol,
Universitetskaya St., 33
Ph: 54–05–57
E–mail:vladetska@rambler.ru

Vladetsky Dmitriy Olegovich

Sevastopol branch of «AUMSU», Sevastopol
Ph.D., assistant professor
299009, Sevastopol, Geroev Sevastopolya St., 11,
build. 8/22
Ph: 54–05–57
E–mail:vladetski@gmail.com

Т.Л. ЧЕМАКИНА

СИСТЕМА ПОДОГРЕВА НЕФТЕПРОДУКТОВ НА НАЛИВНЫХ СУДАХ

Аннотация. В данной статье анализируются различные системы и устройства для подогрева груза в танках нефтеналивных судов, их преимущества и недостатки. Представлена методика расчета системы подогрева груза.

Ключевые слова: трубчатая система подогрева, греющая среда, потребный поток теплоты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Картамышева Н. С., Вахрушин И. А., Перевала М. Н., Трескова Ю. В. Проблемы добычи нефти и газа в условиях Крайнего Севера // Молодой ученый. — 2015. — №13. — С. 845–848.
2. Правила классификации и постройки морских судов. Часть VIII Системы и трубопроводы. Российский Морской Регистр Судоходства.–СП–б, 2018г. – 116 с.
3. Геец, В. М. Специальные системы наливных судов. Курс лекций учеб.пособие / В. М. Геец. – Владивосток: Мор.гос. ун–т, 2012. – 185 с.
4. Кутыркин В. А., Постников В. И. Специальные системы нефтеналивных судов (Справочник). – М.: Транспорт, 1983. – 192 с.

Чемакина Тамара Львовна

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Кандидат технических наук, доцент кафедры

«Кораблестроение и океанотехника»

299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33

Тел. +7(978)79–11–440

E–mail: chemakina1951@gmail.com

T.L. CHEMAKINA

HEATED OIL PRODUCTS FOR TANK VESSELS

Abstract. This article examines the different systems and devices for heating of the cargo tanks of oil tankers, their advantages and disadvantages. the method of calculation of cargo heating system is presented.

Keywords: tubular heating system, heating medium, required heat flow.

BIBLIOGRAPHY

1. Kartamysheva NS, Vakhrushin IA, Perevala MN, Treskova Yu. V. Problems of oil and gas production in the Far North // Young Scientist. – 2015. – № 13. – P. 845–848.
2. Russian Maritime Register Of Shipping.– SP–b, 2018g. 116 p.
3. Geets, V. M. Special systems of loading vessels. A course of lectures textbook. the allowance / V. M. Geyets. – Vladivostok: More. state University, 2012. 185 p.
4. Kutyrkin V. A., Postnikov V. I. Special systems of oil–stormwater vessels (Reference book). – Moscow: Transport, 1983. – 192 p.

Chemakina Tamara Lvovna

Federal STATE Autonomous educational institution

«Sevastopol state University» Candidate of technical

Sciences, associate Professor «The naval architecture and marine engineering»

299053, the city of Sevastopol, st. University, 33

Tel. +7 (978) 79–11–440

E–mail: chemakina1951@gmail.com

УДК 621.771

В.Ю. ЛАВРИНЕНКО, Н.Ю. ГАВРИЛОВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОТЯЖКИ ПОЛОСЫ БАБОЙ КОВОЧНОГО МОЛОТА С НАПОЛНИТЕЛЕМ

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментальных исследований процесса ударного деформирования при протяжке свинцовой полосы квадратного сечения на молоте, показывающие увеличение КПД удара и уменьшение количества ударов при использовании бабы молота с наполнителем в виде стальных шариков.

Ключевые слова: протяжка, ударное деформирование, КПД удара, баба молота с наполнителем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковка и объемная штамповка: Учебник для ВУЗов. М.: Высшая школа, 1972. 352 с.
2. Феофанова А.Е., Лавриненко В.Ю. Экспериментальные исследования процесса удара при осадке цилиндрических заготовок // Заготовительные производства в машиностроении. 2012. № 2. С. 12–15.
3. Феофанова А.Е., Лавриненко В.Ю. Построение математической модели процесса удара при осадке цилиндрических заготовок // Заготовительные производства в машиностроении. 2012. №11. С.16–18.
4. Лавриненко В.Ю. Расчет технологических процессов осадки и протяжки бабой молота с наполнителем / Известия ТулГУ. Технические науки. Вып.4. Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. С. 35–42.
5. Патент на изобретение РФ № 2438825. Баба молота / Лавриненко В.Ю. и др. опубл.10.01.2012. Бюл. № 1.

Лавриненко Владислав Юрьевич

Московский государственный технически
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

Гаврилов Никита Юрьевич

Московский государственный технически
университет им. Н.Э. Баумана
магистрант 1-го курса, кафедра «Технология
обработки материалов»
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр.1
Тел.: +7 (499) 267-02-36
E-mail: vlavrinenko@bmstu.ru

V.Yu. LAVRINENKO, N. Yu. GAVRILOV

EXPERIMENTAL RESEARCH OF BAR DRAWING BY HAMMER RAM WITH FILLETS

Abstract. Results of experimental research of drawing of lead bar blanks on hammer with standard ram and ram with fillets are presented. The increasing of deformation of blanks and decreasing of number of impacts by using of ram with fillets is obtained.

Keywords: drawing, impact deformation, impact efficiency, ram of hammer with fillets.

BIBLIOGRAPHY

1. Kovka i obemnaya shtampovka: Uchebnik dlya VUZov. M.: Vysshaya shkola, 1972. 352 s.
2. Feofanova A.E., Lavrinenko V.YU. Eksperimentalnye issledovaniya processa udara pri osadke cilindricheskikh zagotovok // Zagotovitelnye proizvodstva v mashinostroenii. 2012. № 2. S. 12–15.
3. Feofanova A.E., Lavrinenko V.YU. Postroenie matematicheskoy modeli processa udara pri osadke cilindricheskikh zagotovok // Zagotovitelnye proizvodstva v mashinostroenii. 2012. №11. S.16–18.
4. Lavrinenko V.YU. Raschet tekhnologicheskikh processov osadki i protyazhki baboj molota s napolnitelem / Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. Vyp.4. Tula: Izd-vo TulGU, 2014. S. 35–42.
5. Patent na izobretenie RF № 2438825. Baba molota / Lavrinenko V.YU. i dr. opubl.10.01.2012. Byul. № 1.

Lavrinenko Vladislav Yurievich

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

Gavrilov Nikita Yurievich

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

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Аннотация. Цифровое производство диктует новые подходы к организации технологических процессов, в том числе развития киберфизических системы в рамках концепции Индустрия 4.0. Развитие этих систем предполагает использование не только классических методов, но и внедрение аддитивных технологий в производство. В статье рассмотрена концепция умной производственной системы для поиска оптимального технологического процесса, который базируется на ограничениях пользователя системы и экспертных данных облачной киберфизической системы.

Ключевые слова: киберфизические системы, умное производство, искусственный интеллект, задача удовлетворения ограничений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Schwab K. The fourth industrial revolution: crown. Business 2017.
2. Добрынин А.П., Черных К.Ю., Куприяновский В.П., Куприяновский П.В., Сияглов С.А. Цифровая экономика – различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA и другие) // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т.4, №1. С.4–11.
3. Ингеманссон А.Р. Актуальность внедрения концепции «индустрия 4.0» в современное машиностроительное производство // Научноёмкие технологии в машиностроении. 2016. Т. 1, №. 7. С. 45—48.
4. Han JH, Pratt M, Regli WC. Manufacturing feature recognition from solid models: A status report. IEEE Trans Robot Autom 2000;16:782–96. <https://doi.org/10.1109/70.897789>.
5. Maçanares CG, Zancul E de S, da Silva Cavalcante J, Cauchick Miguel PA. Additive manufacturing process selection based on parts' selection criteria. IntJ Adv Manuf Technol 015;80:1007–14. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7092-4>.
6. Левенцов В.А., А.Е. Радаев, Н.Н. Николаевский. Аспекты концепции «Индустрия 4.0» в части проектирования производственных процессов [Электронный ресурс] // Научнотехнические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Сер.: Экономические науки. 2017. Т. 10. № 1. URL: <http://elibr.spbstu.ru/dl/2/j17-243.pdf> (дата обращения: 22.07.2018).
7. Colombo A., Bangemann Th., Karnouskos S., и др. Industrial Cloud-Based Cyber-Physical Systems. The IMC-AESOP Approach // Springer Science & Business Media, 2014

Головин Василий Игоревич

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Приборные системы и автоматизация технологических процессов»

299000, г. Севастополь, ул. Университетская,33

Тел. 55–00–77

E-mail: golovin@sevsu.ru

V.I. GOLOVIN

SMART SEARCH FOR OPTIMAL TECHNOLOGICAL PROCESS IN CYBER-PHYSICAL SYSTEMS

Abstract. Digital production dictates new approaches to the organization of technological processes, including the development of cyberphysical systems within the framework of Industry 4.0. The development of these systems involves the use of not only classical methods, but also additive technologies in production. The article deals with the concept of a smart production system to find the optimal technological process, which is based on the user defined constraints and expert data of the cloud cyberphysical system.

Keywords: cyber-physical systems, smart production, artificial intelligence, constraints satisfaction problem.

BIBLIOGRAPHY

1. Schwab K. The fourth industrial revolution: crown. Business 2017.

2. Dobrynin A.P., Chernyh K.YU., Kupriyanovskij V.P., Kupriyanovskij P.V., Sinyagov S.A. Cifrovaya ekonomika – razlichnye puti k ehffektivnomu primeneniyu tekhnologij (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA i drugie) // International Journal of Open Information Technologies. 2016. T.4, №1. S.4–11.

3. Ingemansson A.R. Aktual'nost' vnedreniya koncepcii «Industriya 4.0» v sovremennoe mashinostroitel'noe proizvodstvo // Naukoymkie tekhnologii v mashinostroenii. 2016. T. 1, № 7. С. 45—48.

4. Han JH, Pratt M, Regli WC. Manufacturing feature recognition from solid models: A status report. IEEE Trans Robot Autom 2000;16:782–96. <https://doi.org/10.1109/70.897789>.

5. Mançanares CG, Zancul E de S, da Silva Cavalcante J, Cauchick Miguel PA. Additive manufacturing process selection based on parts' selection criteria. IntJ Adv Manuf Technol 015;80:1007–14. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7092-4>.

6. Levencov V.A., A.E. Radaev, N.N. Nikolaevskij Aspekty koncepcii «Industriya 4.0» v chasti proektirovaniya proizvodstvennyh processov [EHlektronnyj resurs] // Nauchnotekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ser.: EHkonomicheskie nauki. 2017. T. 10. № 1. URL: <http://elib.spbstu.ru/dl/2/j17-243.pdf> (access date: 22.07.2018).

7. A. Colombo, Bangemann-Go., Karnouskos S., etc. Industrial Cloud-based cyber-physical Systems. Approach IMC-AESOP // Springer Science & Business Media, 2014

Golovin Vasilij Igorevich

FGAOU VO «Sevastopol State University», Sevastopol

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Instrument Systems and Automation of Technological Processes»

299000, Sevastopol, Universitetskaya str., 33

Tel. 55-00-77

E-mail: golovin@sevsu.ru

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ **И ОБОРУДОВАНИЕ**

УДК 621.9

Н.И. ПОМЯТИХИН, Т.Н. ШАБЛИНСКАЯ

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ВПАДИНЫ КРУГОВОГО ЗУБА ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КОЛЕСА

Аннотация. В статье приводится анализ предварительного формообразования впадины кругового зуба цилиндрического колеса. Предложена зависимость, позволяющая создать базовую основу оптимизации притупки на чистовую и черновую обработку, прогнозирование значения сил резания для любых начальных параметров. Установлено, что нарезание выпуклой и вогнутой стороны впадины необходимо осуществлять разными головками, а черновую обработку зуборезной головкой трапецидальным профилем.

Ключевые слова: цилиндрические колеса с круговыми зубьями, формообразование, предварительная обработка, эвольвента, резовая золвка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муравьев А.А., Тарапанов А.С., Шаблинская Т.Н. «Выбор технологии формообразования цилиндрических пластмассовых колес с круговыми зубьями». Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. № 3. 2017 г

2. Паршин А.Н. Разработка методов анализа, синтеза зацепления и изготовления арочных цилиндрических зубчатых колес // Автореферат дис. канд. техн. наук – Москва, 2008. – 16 с.

3. Васин В.А., Бобков М.Н. Возможность создания единой обобщенной методики геометрического расчета цилиндрических передач с круговыми зубьями // Известия ТулГУ. Труды международной науч.–техн. конференции, посвященной 100-летию со дня рождения С.С. Петрухина. Вып. 2. – Инструментальные системы: прошлое, настоящее, будущее. Серия: Машиностроение. ТулГУ, 2003. С. 287 – 291.

4. Васин В.А., Бобков М.Н., Шейнин Г.М. Обработка арочных зубьев цилиндрических колес // СТИН. 2005. № 4. С. 26 – 29.

5. Давыдов А.П., Липатов С.И., Марголит Р.Б., Панков И.Г., Паршин А.Н. Арочная цилиндрическая зубчатая передача: пат. 2469230 Рос. Федерация; заявл. 19.05.2011; №, заявки 2011120157/11, опубл. 10.12.2012.

6. Виноградов А.Н., Липатов С.И., Марголит Р.Б. Точность нарезания колес с арочными зубьями // Технология машиностроения. 2013. № 9. С. 23 – 27.

7. Липатов С.И. Разработка многолезцового обкатного инструмента с нулевым углом профиля для высокопроизводительного зубонарезания арочных колес на станках с ЧПУ // Автореферат канд. техн. наук – Москва, 2013. – 16 с.

8. Sandvik Coromant: сайт. 2014. [Электронный ресурс] / Каталог – URL: <http://sandvik-coromant.ru>

(дата обращения: 23.04.2015).

9. Тарапанов А.С., Харламов Г.А., Шоркин В.С. Математические основы виртуального представления и анализа процессов лезвийной обработки // Справочник. Инженерный журнал. 2003, № 2, С. 11 – 17; № 3, С. 18 – 24.

10. Тарапанов А.С., Шаблинская Т.Н. Комплексный анализ формообразования круговых зубьев цилиндрических колес. Сборник статей по материалам XVI Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Механики XXI века».

Помятихин Николай Игоревич

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел.
Магистр кафедры «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел. 8-915-508-38-17
E-mail: pomni182@gmail.com

Шаблинская Татьяна Николаевна

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел.
Аспирант кафедры «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел. 8-903-880-68-38
E-mail: 2007tasha@rambler.ru

N.I. POMYATIKHIN, T.N. SHABLINSKAYA

COMPUTER SIMULATION OF PRELIMINARY FORM FORMATION OF CYLINDRICAL WHEEL CIRCUIT DEPTH

Abstract. *The article analyzes the preliminary shaping of the cavity of a circular tooth of a cylindrical wheel. A dependence is proposed that allows creating the basic basis for optimizing the allowance for finishing and rough machining, predicting the value of the cutting forces for any initial parameters. It is established that the cutting of the convex and concave side of the cavity is necessary to be carried out by different heads, and the rough machining with the gear-cutting head using a trapezoidal profile.*

Keywords: *cylindrical wheels with circular teeth, shaping, pre-treatment, involute, incisive sausage.*

BIBLIOGRAPHY

1. Muravvev A.A., Tarapanov A.S., Shablinskaya T.N. «Vybor tekhnologii formoobrazovaniya tsilindricheskikh plastmassovykh koles s krugovymi zubyami». Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. № 3. 2017.

2. Parshin A.N. Razrabotka metodov analiza, sinteza zatsepleniya i izgotovleniya arochnykh tsilindricheskikh zubchatykh koles // Avtoreferat dis. kand. tekhn. nauk Moskva, 2008. 16 s.

3. Vasin V.A., Bobkov M.N. Vozmozhnost sozdaniya vedinov obobshchenoy metodiki geometricheskogo rascheta tsilindricheskikh peredach s krugovymi zubymi // Izvestiya TulGU. Trudy mezhdunarodnoy nauch.-tekhn. konferentsii, posvashchenov 100-letayu so dnya rozhdeniya S.S. Petrukhina. Vyp. 2. – Instrumentalnyye sistemy: proshloye, nastoyashcheye, budushcheye. Seriya: Mashinostroyeniye. TulGU, 2003. S. 287-291.

4. Vasin V.A., Bobkov M.N., Sheynin G.M. Obrabotka arochnykh zubyev tsilindricheskikh koles // STIN. 2005. № 4. S. 26-29.

5. Davydov A.P., Lipatov S.I., Margolit R.B., Pankov I.G., Parshin A.N. Arochnaya tsilindricheskaya zubchataya peredacha: pat. 2469230 Ros. Federatsiya; zayavl. 19.05.2011; №, zayavki 2011120157/11, opubl. 10.12.2012.

6. Vinogradov A.N., Lipatov S.I., Margolit R.B. Tochnost narezaniya koles s arochnymi zubymi // Tekhnologiya mashinostroyeniya. 2013. № 9. S. 23-27.

7. Lipatov S.I. Razrabotka mnogoreztsovogo obkatnogo instrumenta s nulevym uglom profilva dlya vysokoproizvoditelnogo zubonarezaniya arochnykh koles na stankakh s CHPU // Avtoreferat kand. tekhn. nauk Moskva, 2013. 16 s.

8. Sandvik Coromant: sayt. 2014. [Elektronnyy resurs] / Katalog URL: <http://sandvik-coromant.ru> (data obrashcheniya: 23.04.2015).

9. Tarapanov A.S., Kharlamov G.A., Shorkin V.S. Matematicheskiye osnovy virtualnogo predstavleniya i analiza protsessov lezviynoy obrabotki // Spravochnik. Inzhenernyy zhurnal. 2003. № 2, S. 11 – 17; № 3, S. 18 – 24.

10. Tarapanov A.S., Shablinskaya T.N. Kompleksnyy analiz formoobrazovaniya krugovykh zubyev tsilindricheskikh koles. Sbornik statey po materialam XVI Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem «Mekhaniki XXI veku».

Pomyatikhin Nikolay Igorevich

OSU named I.S. Turgenev, Orel
Master of the Department of Mechanical Engineering
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
Ph. 8-915-508-38-17
E-mail: pomni182@gmail.com

Shablinskaya Tatiana Nikolayevna

OSU named I.S. Turgenev, Orel
Postgraduate of the Department of Mechanical Engineering
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
Ph. 8-903-880-68-38
E-mail: 2007tasha@rambler.ru

УДК 629.4.021

В.И. ВОРОБЬЕВ, О.В. ИЗМЕРОВ, М.И. БОРЗЕНКОВ, С.Н. ЗЛОБИН, С.О. КОПЫЛОВ

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОЛЕСНО–МОТОРНОГО БЛОКА ЭЛЕКТРОВОЗА 2ЭС6

Аннотация. Рассмотрены вопросы повышения надежности колесно–моторного блока электровоза 2ЭС6. Предложена конструкция подвески тягового электродвигателя с заменой верхнего шарнира плоскими резиновыми элементами, обеспечивающая снижение динамических нагрузок и установлена целесообразность разработки варианта привода с опорно–рамным подвешиванием двигателя и осевым редуктором. На предложенные решения получено два патента на изобретения и пять патентов на полезные модели.

Ключевые слова: тяговый привод локомотива, динамика, надежность, конструирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коссов В.С., Мещерин Ю.В., Руденко В.Ф., Михайлов Г.И., Гусев В.Ю., Ткаченко В.Н. Экипажная часть грузового электровоза постоянного тока 2ЭС6. // Создание и модернизация электровозов. Под ред. Г.И. Михайлова. Тр. ВНИКТИ, Коломна, 2008, с. 13–18.
2. Юрасов О.Д. Повышение работоспособности колесно–моторных блоков электровозов 2ЭС6. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / О.Д. Юрасов // Омск, 2016. – 122 с.
3. Мальцев А.В. Повышение надежности изоляционных конструкций тяговых двигателей электровозов / А.В. Мальцев // Проблемы трансферта современных технологий в экономику Забайкалья и железнодорожный транспорт: Сборник трудов международной научно–практической конференции. – Чита: ЗабИЖТ.2011. – 6С.
4. Калихович В.Н. Тяговые приводы локомотивов. (Устройство, обслуживание, ремонт). М.–Транспорт, 1983. 111 с.
5. Корнев А.М., Липунов Д.В. Модернизация системы подвешивания ТЭД электровоза постоянного тока 2ЭС6. / А.М. Корнев // Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов: Материалы третьей всероссийской научно–технической конференции с международным участием / Омский гос. ун–т путей сообщения. Омск, 2016. – с. 237–242.
6. Отчет ВНИТИ И–103–68. «Исследование динамики тягового привода тепловоза 2ТЭ10Л с опорно–осевым подвешиванием электродвигателя ЭД107 в эксплуатационных условиях». Коломна, 1968, 120 с.
7. Соколов, Ю.Н. Повышение надежности узлов тягового привода пассажирских электровозов ЭП1М и ЭП10 / Ю.Н. Соколов, А.С. Пономарев, В.Е. Дегтярев // Локомотив–информ. – 2010. – № 6. – С. 4–11.
8. Патент на полезную модель № 176570, Российская Федерация, МПК В61С 9/38. Устройство для крепления тягового электродвигателя локомотива к раме тележки. / Воробьев В.И., Антипин Д.Я., Бондаренко Д.А., Измеров О.В., Маслов М.А., Шорохов С.Г., Копылов С.О. Оpubл. 23.01.2018 Бюл. № 3.
9. Патент на полезную модель № 176428, Российская Федерация, МПК В61С 9/38. Узел подвешивания тягового электродвигателя. / Новиков В.Г., Воробьев В.И., Измеров О.В., Тихомиров В.П. Оpubл. 18.01.2018 Бюл. № 2.
10. Узел подвешивания тягового электродвигателя / Пугачев А.А., Волохов С.Г., Измеров О.В., Воробьев В.И., Михальченко Г.С., Новиков В.Г. Патент на изобретение № 2549427, Российская Федерация, МПК В61С 9/50. Оpubл. 27.04.2015, бюл. № 12.
11. Бирюков И.В., Беляев А.И., Рыбников Е.К. Тяговые передачи электроподвижного состава железных дорог. М., Транспорт, 1986 – 256 с.
12. Соколов, Ю.Н. Повышение надежности узлов тягового привода пассажирских электровозов ЭП1М и ЭП10 / Ю.Н. Соколов, А.С. Пономарев, В.Е. Дегтярев // Локомотив–информ. – 2010. – № 6. – С. 4–11.
13. Луков Н.М., Ромашкова О.Н., Космодамианский А.С., Попов Ю.В., Стрекалов Н.Н., Серин С.А., Михальченко Г.С., Воробьев В.И., Новиков В.Г., Измеров О.В., Пугачев А.А. Компенсационная муфта тягового привода локомотива. Патент РФ № 2527254 от 19.12.2012.
14. Патент на полезную модель № 166918, Российская Федерация, МПК F16D 3/78, В61С 9/00. Компенсационная муфта тягового привода локомотива. / Антипин Д.Я., Воробьев В.И., Бондаренко Д.А., Пугачев А.А., Цыганков С.Г., Измеров О.В., Шорохов С.Г. Оpubл. 10.12. 2016, бюл. № 34.
15. Патент на полезную модель № 157519, Российская Федерация, МПК F16D 3/78. Оболочка резинокордная для высокоэластичной муфты. / Воробьев В.И., Измеров О.В., Дорофеев О.В., Злобин С.Н. Оpubл. 10.12.2015, бюл. № 34.
16. Патент на полезную модель № 173560, Российская Федерация, МПК В61С 9/00, F16D 3/78. Компенсационная муфта тягового привода локомотива. / Воробьев В.И., Антипин Д.Я., Измеров О.В., Новиков А.С., Космодамианский А.С., Шорохов С.Г., Мануева М.В.. Оpubл. 30.08.2017 Бюл. № 25.

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

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

Борзенков Михаил Иванович
Орловский государственный
университет имени И.С. Тургенева,
г. Орел
Кандидат технических наук,
доцент, начальник отдела научных
изданий
E-mail: bim@ostu.ru

Злобин Сергей Николаевич
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орел
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Машиностроение»
E-mail: zsn2@rambler.ru

Копылов Степан Олегович
Брянский государственный
технический университет, г. Брянск
Аспирант кафедры «Подвижной
состав железных дорог»
E-mail: kopylov.stepan@gmail.com

V.I. VOROBYEV, O.V. IZMEROV, M.I. BORZENKOV, S.N. ZLOBIN, S.O. KOPYLOV

MODERNIZATION OF WHEEL–MOTOR BLOCK ELECTROPHOSES 2ES6

Abstract. *The problems of increasing the reliability of the wheel–motor unit of the electric locomotive 2ES6 are considered. The design of the traction motor suspension is proposed, with the replacement of the upper hinge by flat rubber elements, which reduces the dynamic loads and establishes the expediency of developing a drive variant with a support and frame suspension of the engine and an axial reduction gear. The proposed solutions received two patents for inventions and five patents for utility models.*

Keywords: *locomotive traction drive, dynamics, reliability, design.*

BIBLIOGRAPHY

1. Kossov V.S., Meshcherin YU.V., Rudenko V.F., Mikhaylov G.I., Gusev V.YU., Tkachenko V.N. Ekipazhnaya chast gruzovogo elektrovoza postoyannogo toka 2ES6. // Sozdaniye i modernizatsiya elektrovozov. Pod red. G.I. Mikhaylova. Tr. VNIKTI, Kolomna, 2008, s. 13–18.
2. Yurasov O.D. Povysheniye rabotosposobnosti kolesno–motornykh blokov elektrovozov 2ES6. Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / O.D. Yurasov // Omsk, 2016. – 122 s.
3. Maltsev A.V. Povysheniye nadezhnosti izolyatsionnykh konstruksiy tyagovykh dvigateley elektrovozov / A.V. Maltsev // Problemy transferta sovremennykh tekhnologiy v ekonomiku Zabaykalya i zheleznodorozhnyy transport: Sbornik trudov mezhdunarodnoy nauchno–prakticheskoy konferentsii. – Chita: ZabIZHT.2011. – 6S.
4. Kalikhovich V.N. Tyagovyye privody lokomotivov. (Ustroystvo, obsluzhivaniye, remont). M.– Transport, 1983. 111 s.
5. Kornev A.M., Lipunov D.V. Modernizatsiya sistemy podveshivaniya TED elektrovoza postoyannogo toka 2ES6. / A.M. Kornev // Ekspluatatsionnaya nadezhnost lokomotivnogo parka i povysheniye effektivnosti tyagi poyezdov: Materialy tretyey vserossiyskoy nauchno–tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem / Omskiy gos. un–t putey soobshcheniya. Omsk, 2016. – s. 237–242.
6. Otchet VNITI I–103–68. «Issledovaniye dinamiki tyagovogo privoda teplovoza 2TE10L s oporno–osevym podveshivaniyem elektrodvigateleya ED107 v ekspluatatsionnykh usloviyakh». Kolomna, 1968, 120 s.
7. Sokolov, YU.N. Povysheniye nadezhnosti uzlov tyagovogo privoda passazhirskikh elektrovozov EP1M i EP10 / YU.N. Sokolov, A.S. Ponomarev, V.Ye. Degtyarev // Lokomotiv–inform. – 2010. – № 6. – S. 4–11.
8. Patent na poleznuyu model № 176570, Rossiyskaya Federatsiya, MPK B61S 9/38. Ustroystvo dlya krepleniya tyagovogo elektrodvigateleya lokomotiva k rame telezhki. / Vorobyev V.I., Antipin D.YA., Bondarenko D.A., Izmerov O.V., Maslov M.A., Shorokhov S.G., Kopylov S.O. Opubl. 23.01.2018 Byul. № 3.
9. Patent na poleznuyu model № 176428, Rossiyskaya Federatsiya, MPK B61S 9/38. Uzel podveshivaniya tyagovogo elektrodvigateleya. / Novikov V.G., Vorobyev V.I., Izmerov O.V., Tikhomirov V.P. Opubl. 18.01.2018 Byul. № 2.
10. Uzel podveshivaniya tyagovogo elektrodvigateleya / Pugachev A.A., Volokhov S.G., Izmerov O.V., Vorobyev V.I., Mikhachenko G.S., Novikov V.G. Patent na izobreteniyе № 2549427, Rossiyskaya Federatsiya, MPK V61S 9/50. Opubl. 27.04.2015, byul. № 12.
11. Biryukov I.V., Belyayev A.I., Rybnikov Ye.K.. Tyagovyye peredachi elektropodvizhnogo sostava zheleznykh dorog. M., Transport, 1986 – 256 s.
12. Sokolov, YU.N. Povysheniye nadezhnosti uzlov tyagovogo privoda passazhirskikh elektrovozov EP1M i EP10 / YU.N. Sokolov, A.S. Ponomarev, V.Ye. Degtyarev // Lokomotiv–inform. – 2010. – № 6. – S. 4–11.
13. Lukov N.M., Romashkova O.N., Kosmodamianskiy A.S., Popov YU.V., Strekalov N.N., Serin S.A., Mikhachenko G.S., Vorobyev V.I., Novikov V.G., Izmerov O.V., Pugachev A.A. Kompensatsionnaya mufta tyagovogo privoda lokomotiva. Patent RF № 2527254 ot 19.12.2012.
14. Patent na poleznuyu model № 166918, Rossiyskaya Federatsiya, MPK F16D 3/78, B61C 9/00.

Kompensatsionnaya mufta tyagovogo privoda lokomotiva. / Antipin D.YA., Vorobyev V.I., Bondarenko D.A., Pugachev A.A., Tsygankov S.G., Izmerov O.V., Shorokhov S.G. Opubl. 10.12. 2016, byul. № 34.

15. Patent na poleznuyu model № 157519, Rossiyskaya Federatsiya, MPK F16D 3/78. Obolochka rezinokordnaya dlya vysokoelastichnoy mufty. / Vorobyev V.I., Izmerov O.V., Dorofeyev O.V., Zlobin S.N. Opubl. 10.12.2015, byul. № 34.

16. Patent na poleznuyu model № 173560, Rossiyskaya Federatsiya, MPK B61C 9/00, F16D 3/78. Kompensatsionnaya mufta tyagovogo privoda lokomotiva. / Vorobyev V.I., Antipin D.YA., Izmerov O.V., Novikov A.S., Kosmodamianskiy A.S., Shorokhov S.G., Manuyeva M.V.. Opubl. 30.08.2017 Byul. № 25.

Vorobev Vladimir Ivanovich

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

Izmerov Oleg Vasilevich

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

Borzenkov Mikhail Ivanovich

Orel State University, Orel
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, head of scientific
publications Department
E-mail: bim@ostu.ru

Zlobin Sergey Nikolaevich

Orel State University, Orel
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of
the Department «Mechanical engineering»
E-mail: zsn2@rambler.ru

Kopylov Stepan Olegovich

Bryansk State Technical University, Bryansk
Graduate student of the Department «Railroad rolling
stock»
E-mail: kopylov.stepan@gmail.com

УДК 621.792+621.715.4

А.С. КОНОНЕНКО, Т.А. КИЛЬДЕЕВ, А.А. САЖАЕВ

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОСАДОЧНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ШПИНДЕЛЯ СТАНКА DMG MORI CTX 510 ECOLINE ПОЛИМЕРНЫМИ НАНОКОМПОЗИЦИЯМИ

Аннотация. Значительную часть российского рынка станочного оборудования занимают зарубежные производители, поэтому обслуживание станков и приобретение к ним запасных частей обходится предприятиям–заказчикам достаточно дорого. В связи с этим, удешевление и упрощение процессов восстановления изношенных станочных узлов и деталей, в частности шпинделей, является актуальной задачей. Специалисты центра обслуживания клиентов компании DMG MORI Russia отмечают, что случаи выхода из строя шпиндельных узлов из-за износа посадочных шеек шпинделя довольно редки, поэтому технологии наплавки и напыления нерационально применять для восстановления утраченного объема из-за потребности в специальном оборудовании. Авторами статьи предложен способ восстановления посадочных поверхностей шпинделя нанонаполненными анаэробными полимерами. Данная технология проста в применении, не требует дорогостоящего оборудования, в результате ремонта исключается фреттинг–износ сопрягаемых поверхностей. Кроме того, модифицирование состава наночастицами приводит к значительному улучшению его механических и эксплуатационных характеристик. Предлагаемый способ можно применять как самостоятельный способ ремонта, а также в комбинации с использованием дополнительной ремонтной детали — тонкостенной компенсационной втулки. В связи с этим, в статье рассмотрен вопрос механической обработки тонкостенных заготовок, обработка которых встречает трудности, обусловленные их деформацией под действием сил резания и закрепления [1].

Ключевые слова: шпиндельный узел, шпиндель, фреттинг–износ, тонкостенная втулка, анаэробный клей, нанонаполнители, прочность, вибростойкость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология машиностроения. В 2 т. Т.1. Основы технологии машиностроения / под ред. А.М. Дальского. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. 370 с.
2. Пуш А.В. Шпиндельные узлы: Качество и надежность. М.: Машиностроение. 1992. 288 с.
3. Компания DMG MORI (ДМГ МОРИ): сайт. Режим доступа: <https://ru.dmgmori.com/blob/497586/671022a221bb859a4d13455c5db7013d/pegru-ecoline-pdf-data.pdf> (Дата обращения 30.11.2017).
4. Компания «Шпиндель–сервис»: сайт. Режим доступа: http://spindle-service.ru/sm-sp_rep-ger_proc.shtml (дата обращения 30.11.2017).
5. ГОСТ 5272–68. Коррозия металлов. Термины.

6. Компания Loctite (Локтайт): сайт. Режим доступа: <http://www.loctite.ru/product-search-3772.htm?primaryFacet=000000028Z> (дата обращения 01.12.2017).
7. Кононенко, А.С. Повышение надежности неподвижных фланцевых соединений сельскохозяйственной техники использованием наноструктурированных герметиков: автореферат дис. ... доктор техн. наук: 05.20.03 / Кононенко Александр Сергеевич. – М., 2012. – 34 с.
8. Адгезионная прочность герметиков и нанокomпозиций на их основе / Кононенко А.С., Гайдар С.М. // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2011. № 6. С. 38–42.
9. Адгезионная прочность составов холодного отверждения и нанокomпозиций на их основе. Кононенко А.С., Дмитраков К.Г. // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2016. № 11. С. 10–14.
10. Компания SKF (СКФ): сайт. Режим доступа: <http://www.skf.com/ru/products/seals/industrial-seals/power-transmission-seals/wear-sleeves/skf-speedi-sleeve/index.html> (дата обращения 04.04.2018).
11. Арбузов Е. В., Жаргалова А. Д., Лазаренко Г. П., Семисалов В. И. К вопросу о деформации тонкостенных деталей при обработке на станках токарной группы // Наука и образование. Электронный журнал МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2014 – № 2. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/700319.html> (дата обращения 07.01.2018).
12. Кильдеев Т.А., Осипов Т.А. Анализ способов обработки резанием тонкостенных трубчатых заготовок / Т.А. Кильдеев // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Научные исследования в области технических и технологических систем» (Казань, 15.01.2018 г.). – Уфа: Аэтерна, 2018. – 269 с.
13. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656 с., ил.
14. Устройство для крепления тонкостенных труб // Патент СССР № 1426703 30.09.1988. Бюл. №36/ Б. С. Хомяк, П. Б. Хомяк, М. С. Хомяк, И. Б. Хомяк.
15. Методические указания. ЕСТПП. Выбор и рациональное применение системы станочных приспособлений. М.: Изд-во стандартов, 1979. 87 с.

Кононенко Александр Сергеевич
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва
доктор технических наук,
профессор кафедры «Технологии
обработки материалов»
105005, г. Москва, 2-я Бауманская
ул., д. 5, стр. 1
Тел. 8 (926) 147-17-50
E-mail: as-kononeko@yandex.ru

Кильдеев Тимур Анверович
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва
студент 4 курса кафедры
«Технологии обработки
материалов»
105005, г. Москва, 2-я Бауманская
ул., д. 5, стр. 1
Тел. 8 (917) 088-41-13
E-mail: kildeevt@mail.ru

Сажаяев Александр Анатольевич
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва
доцент кафедры «Технологии
обработки материалов»
105005, г. Москва, 2-я Бауманская
ул., д. 5, стр. 1
Тел. 8 (916) 708-13-76
E-mail: alexsaz1@yandex.ru

A.S. KONONENKO, T.A. KILDEEV, A.A. SAZHAEV

RESTORING THE SEATING SURFACES OF THE DMG MORI CTX 510 ECOLINE SPINDLE WITH POLYMERIC NANOCOMPOSITIONS

Abstract. *Due to the fact that a significant part of the Russian machine tools market is occupied by foreign manufacturers, maintenance of machine tools and the purchase of spare parts for them are costly for the customers. Therefore, the current task is to reduce the cost and to simplify the recovery processes of worn out machine components and parts, in particular spindles. Specialists of the customer service center of DMG MORI Russia note that the cases of failure of the spindle unit due to wear of the spindle are quite rare, so it is irrational to use the technologies of surfacing and sputtering, due to the need in special equipment. The authors of the article proposed a method for restoring the surfaces of the spindle by nano-filled anaerobic compositions. This technology is easy to use, does not require expensive equipment, fretting wear of mating surfaces is excluded. In addition, researches showed that the modification of the polymer composition by nanoparticles leads to a significant improvement in its mechanical and operational characteristics. The proposed method can be used as an independent repair method, as well as in combination with the use of an additional repair part — a thin-walled compensation sleeve. In this connection, the article touches upon the issue of machining thin-walled details. The turning of such details encounters difficulties due to their deformation under the action of cutting and fastening forces [1].*

Keywords: *spindle unit, spindle, fretting wear, thin-walled bushing, anaerobic adhesive, nanofillers, strength, vibration resistance.*

BIBLIOGRAPHY

1. Tekhnologiya mashinostroeniya. V 2 t. T.1. Osnovy tekhnologii mashinostroeniya / pod red. A.M. Dalskogo. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. 370 с.

2. Push A.V. Shpindelnye uzly: Kachestvo i nadezhnost. M.: Mashinostroenie. 1992. 288 s.
3. Kompaniya DMG MORI (DMG MORI): sajt. Rezhim dostupa: <https://ru.dmgmori.com/blob/497586/671022a221bb859a4d13455c5db7013d/pegru-ecoline-pdf-data.pdf> (Data obrashcheniya 30.11.2017).
4. Kompaniya «Shpindel-servis»: sajt. Rezhim dostupa: http://spindle-service.ru/sm-sp_rep-rep_proc.shtml (data obrashcheniya 30.11.2017).
5. GOST 5272-68. Korroziya metallov. Terminy.
6. Kompaniya Loctite (Loktajt): sajt. Rezhim dostupa: <http://www.loctite.ru/product-search-3772.htm?primaryFacet=000000028Z> (data obrashcheniya 01.12.2017).
7. Kononenko, A.S. Povyshenie nadezhnosti nepodviznyh flancevyyh soedinenij selskohozyajstvennoj tekhniki ispolzovaniem nanostrukturirovannyh germetikov: avtoreferat dis. ... doktor tekhn. nauk: 05.20.03 / Kononenko Aleksandr Sergeevich. – M., 2012. – 34 s.
8. Adgezionnaya prochnost germetikov i nanokompozicij na ih osnove / Kononenko A.S., Gajdar S.M. // Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya. 2011. № 6. S. 38–42.
9. Adgezionnaya prochnost sostavov holodnogo otverzheniya i nanokompozicij na ih osnove. Kononenko A.S., Dmitrakov K.G. // Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya. 2016. № 11. S. 10–14.
10. Kompaniya SKF (SKF): sajt. Rezhim dostupa: <http://www.skf.com/ru/products/seals/industrial-seals/power-transmission-seals/wear-sleeves/skf-speedi-sleeve/index.html> (data obrashcheniya 04.04.2018).
11. Arbuzov E. V., ZHargalova A. D., Lazarenko G. P., Semisalov V. I. K voprosu o deformacii tonkostennyh detalej pri obrabotke na stankah tokarnoj gruppy // Nauka i obrazovanie. Elektronnyj zhurnal MGTU im. N. E.H. Baumana. 2014 – № 2. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/700319.html> (data obrashcheniya 07.01.2018).
12. Kildeev T.A., Osipov T.A. Analiz sposobov obrabotki rezaniem tonkostennyh trubchatyyh zagotovok / T.A. Kildeev // Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Nauchnye issledovaniya v oblasti tekhnicheskikh i tekhnologicheskikh sistem» (Kazan, 15.01.2018 g.). – Ufa: Aehterna, 2018. – 269 s.
13. Spravochnik tekhnologa-mashinostroitel'ya. V 2-h t. T. 2/Pod red. A. G. Kosilovoj i R. K. Meshcheryakova. – 4-e izd., pererab. i dop. – M.: Mashinostroenie, 1986. 656 s., il.
14. Ustrojstvo dlya krepleniya tonkostennyh trub // Patent SSSR № 1426703 30.09.1988. Byul. №36/ B. S. Homyak, P. B. Homyak, M. S. Homyak, I. B. Homyak.
15. Metodicheskie ukazaniya. ESTPP. Vybory i racionalnoe primenenie sistemy stanochnyh prispособlenij. M.: Izd-vo standartov, 1979. 87 s.

Kononenko Alexander Sergeevich
Bauman Moscow State Technical University, Moscow
Doctor of Science, Professor of «Materials Processing Technologies» department
105005, Moscow, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1
Tel. 8 (926) 147-17-50
E-mail: as-kononeko@yandex.ru

Kildeev Timur Anverovich
Bauman Moscow State Technical University, Moscow
4th year student of «Materials Processing Technologies» department
105005, Moscow, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1
Tel. 8 (917) 088-41-13
E-mail: kildeevt@mail.ru

Sazhaev Alexander Anatolievich
Bauman Moscow State Technical University, Moscow
Associate Professor of «Materials Processing Technologies» department
105005, Moscow, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1
Tel. 8 (916) 708-13-76
E-mail: alexsazh1@yandex.ru

УДК 621.9

А.Д. НОВИКОВ, Л.Ю. ФРОЛЕНКОВА, К.Ф. СЕЛЕМЕНЕВ

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИНСТРУМЕНТА ПРИ НАНЕСЕНИИ НАНОПОКРЫТИЙ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы повышения долговечности и надежности инструмента при нанесении нанопокровтий. Установлено, что эпиламирование рабочих поверхностей инструмента существенно изменяет характер сопротивления адгезионному взаимодействию. Отмечено, что задиры на контактирующей поверхности инструмента являются следствием абразивного износа и проявляются в виде глубоких царапин.

Ключевые слова: износ, эпиламы, технология, эффективность ПДД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шоркин В. С. Теоретическая оценка адгезионных свойств покрытий режущего инструмента // Шоркин В. С., Фроленкова Л. Ю. Упрочняющие технологии и покрытия. – 2012. – № 8. С. 22. 25.
2. Шоркин В. С. Учет влияния тройного взаимодействия частиц среды на поверхностные и адгезионные

свойства твердых тел // Шоркин В. С., Фроленкова Л. Ю., Азаров А. С. «Материаловедение». – 2011. – № 2. – С. 2 – 7.

3. Киричек А.В. Влияние эпиламов (ПАВ) на физико – технические свойства инструментов при низкоскоростной механической обработке // Киричек А.В., Селеменев М.Ф., Селеменова О.В. «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии» №2 (322), ОГУ имени И.С.Тургенева, 2017г. С.– 85–96

4. Бабичев А.П., Формирование вибрационных механохимических твердосмазочных покрытий на основе дисульфида молибдена. // Бабичев А.П., Иванов В.В., Селеменев М.Ф., Марченко Ю.В. Известия Орел ГТУ «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии», № 2 (286) Орел. 2011.

5. Иванов В.В. Формирование вибрационных механохимических покрытий на основе дисульфида молибдена // Иванов В.В., Селеменев М.Ф., Марченко Ю.В. Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии.– 2011.– №2.– С. 73–78.

Новиков Александр Дмитриевич
ФГБОУ ВО ОГУ имени И.С.
Тургенева, г.Орел
Магистр кафедры
«Машиностроения»
Тел 89103033373,
E-mail: sasha.waw@mail.ru

Фроленкова Лариса Юрьевна
ФГБОУ ВО ОГУ имени И.С.
Тургенева, г.Орел
Доктор технических наук,
профессор кафедры
«Машиностроения»
Тел 89103017320,
E-mail: larafrolenkova@yandex.ru

Селеменев Константин Федорович
ФГБОУ ВО «Брянский
государственный технический
университет», г.Брянск
Инженер, заведующий лабораторией
Тел (4832) 58 83 32,
E-mail: Selkostik@yandex.ru

A.D. NOVIKOV, L.Yu. FROLENKOVA, K.F. SELEMENEV

INCREASE OF WEAR–RESISTANCE OF THE WORKING SURFACES OF THE TOOL AT APPLICATION OF NANO–COATINGS

Abstract. *The article deals with the issues of increasing the durability and reliability of the tool when applying nanocoatings. It is established that epilamination of the working surfaces of the tool significantly changes the character of the resistance to adhesion interaction. It is noted that scuffs on the contacting surface of the tool are a consequence of abrasive wear and appear as deep scratches.*

Keywords: *depreciation, epilamy, technology, SDA efficiency..*

BIBLIOGRAPHY

1. Shorkin V. S. Teoreticheskaya otsenka adgezionnykh svoystv pokrytiy rezhushchego instrumenta // Shorkin V. S., Frolenkova L. YU. Uprochnyayushchiye tekhnologii i pokrytiya. – 2012. – № 8. S. 22. 25.

2. Shorkin V. S. Uchet vliyaniya troynogo vzaimodeystviya chastits sredy na poverkhnostnyye i adgezionnyye svoystva tverdykh tel // Shorkin V. S., Frolenkova L. YU., Azarov A. S. «Materialovedeniye». – 2011. – № 2. – S. 2 – 7.

3. Kirichek A.V. Vliyaniye epilamov (PAV) na fiziko – tekhnicheskiye svoystva instrumentov pri nizkoskorostnoy mekhanicheskoy obrabotke // Kirichek A.V., Selemenev M.F., Selemeneva O.V. «Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii» №2 (322), OGU imeni I.S.Turgeneva, 2017g. S.– 85–96

4. Babichev A.P., Formirovaniye vibratsionnykh mekhanokhimicheskikh tverdosmazochnykh pokrytiy na osnove disulfida molibdena. // Babichev A.P., Ivanov V.V., Selemenev M.F., Marchenko YU.V. Izvestiya Orel GTU «Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii», № 2 (286) Orel. 2011.

5. Ivanov V.V. Formirovaniye vibratsionnykh mekhanokhimicheskikh pokrytiy na osnove disulfida molibdena // Ivanov V.V., Selemenev M.F., Marchenko YU.V. Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii.– 2011.– №2.– S. 73–78.

Novikov Aleksandr Dmitriyevich
Orel State University named after I.S.
Turgenev, the city of Orel
Master of the Department of
Mechanical Engineering
Tel. 89103033373
E-mail: sasha.waw@mail.ru

Frolenkova Larisa Yurevna
Orel State University named after I.S.
Turgenev, the city of Orel
Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department of
Mechanical Engineering
Tel. 89103017320,
E-mail: larafrolenkova@yandex.ru

Selemenev Konstantin Fedorovich
FGBOU VO «Bryansk State
Technical University», the city of
Bryansk
Engineer, Head of Laboratory
Tel. (4832) 58 83 32
E-mail: Selkostik@yandex.ru

МАШИНОВЕДЕНИЕ И МЕХАТРОНИКА

УДК 621.822

А.Ю. КОРНЕЕВ, А.В. СЫТИН

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕЧЕНИЯ СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА В КОНИЧЕСКОМ ЛЕПЕСТКОВОМ ПОДШИПНИКЕ

Аннотация. Предложена математическая модель расчета турбулентного течения смазочного материала в коническом лепестковом подшипнике. Представлены расчетные схемы подшипника и лепестка, функция зазора в смазочном слое подшипника, уравнения Рейнольдса и баланса расходов. Описаны преимущества данного типа опор.

Ключевые слова: конический лепестковый подшипник, турбулентность, лепесток, уравнение Рейнольдса, уравнение баланса расходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сытин, А.В. Лепестковые газодинамические подшипники: применение и технические решения: монография / А.В. Сытин, Л.А. Савин; Орел: ОГУ, 2016. – 196 с.
2. Патент USA, № 4178046, Int. C1 F16C 17/00. Foil bearing. Alexander Silver and James R. Wenban. Appl. No 689,619; 24.05.1979.
3. Казаков В. А., Шлугер М. А. Износостойкие и антифрикционные гальванические покрытия в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1981. – 212 с.
4. Патент USA, № 5885004, Int. C1 F16C 17/03. Hydrostatically supported foil bearing. Joseph K. Scharrer; Robert F. Beatty. Appl. No.: 979,357; 23.03.1999.
5. Патент USA, № 7056025, Int. C1 F16C32/06. Foil bearing. Hidehiko Nakata. Appl. No.: 10/815,937; 06.06.2006.
6. Конический лепестковый подшипник скольжения. Патент на изобретение №2437005. Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений РФ 20.12.2011 г. Савин Л.А., Корнеев А.Ю., Сытин А.В., Ярославцев М.М.
7. Овчаров А.А., Брылев И.С. Математическая модель деформирования нелинейно упругих подкрепленных конических оболочек при динамическом нагружении // Инженерный вестник Дона, 2014. – Вып. 5. – Т. 29.
8. Муштары, Х. М. Об устойчивости тонкостенных конических оболочек круглого сечения при кручении парами / Х. М. Муштары. – В кн. Сборник научных трудов КАИ. – Казань: Издательство Казанского авиационного института, 1935. – С. 39–40.
9. Костылев В. В. К вопросу расчета динамической прочности тонких конических оболочек // Исследования по теории пластин и оболочек, 1966. – Вып. 4. – с. 336 – 341.
10. Костылев В. В. Устойчивость круговых конических оболочек под действием динамического внешнего давления // Исследования по теории пластин и оболочек, 1967. – Вып. 5. – с. 480 – 493.
11. Корнеев А.Ю., Сытин А.В., Ли Шенбо. Функция зазора в конических лепестковых газодинамических подшипниках // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. № 5–2 (313), 2015. – С. 213 – 220.
12. Токарь И.Я. Проектирование и расчет опор трения. М.: Машиностроение, 1971. – 168 с.
13. Корнеев А.Ю., Савин Л.А., Соломин О.В. Математическая модель неизотермического турбулентного течения смазочного материала в конических опорах жидкостного трения // Вестник машиностроения, 2005. – № 7. – С. 37 – 42.
14. Корнеев А.Ю., Савин Л.А., Соломин О.В. Конические подшипники жидкостного трения: монография. М: Машиностроение–1, 2008. – 172 с.

Корнеев Андрей Юрьевич
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
302030, г. Орел, ул. Московская, 34
Кандидат технических наук, доцент, декан факультета среднего профессионального образования
Тел. 8–906–662–44–22

Сытин Антон Валерьевич
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
Кандидат технических наук, доцент кафедры мехатроники, механики и робототехники
Тел. 8 (4862) 41–98–85
E–mail: sytin@mail.ru

A.Yu. KORNEYEV, A.V. SYTIN

THE MATHEMATICAL MODEL OF LUBRICANT TURBULENCE FLOW IN THE CONICAL FOIL BEARING

Abstract. *The mathematical model of lubricant turbulence flow in the conical foil bearing is considered. Schemes of conical bearing and foil, clearance function in lubricant layer, Reynolds and flow rate balance equations are represented. The advantages of this type of bearings are described.*

Keywords: *conical foil bearing, turbulence, foil, Reynolds equation, flow rate balance equation.*

BIBLIOGRAPHY

1. Sytin, A.V. Lepestkovyye gazodinamicheskiye podshipniki: primeneniye i tekhnicheskiye resheniya: monografiya / A.V. Sytin, L.A. Savin; Orel: OGU, 2016. – 196 s.
2. Patent USA, № 4178046, Int. C1 F16S 17/00. Foil bearing. Alexander Silver and James R. Wenban. Appl. No 689,619; 24.05.1979.
3. Kazakov V. A., Shluger M. A. Iznosostoykiye i antifriktsionnyye galva–nicheskiye pokrytiya v mashinostroyenii. – L.: Mashinostroyeniye, 1981. – 212 s.
4. Patent USA, № 5885004, Int. C1 F16S 17/03. Hydrostatically supported foil bearing. Joseph K. Scharrer; Robert F. Beatty. Appl. No.: 979,357; 23.03.1999.
5. Patent USA, № 7056025, Int. C1 F16S32/06. Foil bearing. Hidehiko Nakata. Appl. No.: 10/815,937; 06.06.2006.
6. Konicheskiy lepestkovyy podshipnik skolzheniya. Patent na izobreteniyе №2437005. Zaregistrovan v Gosudarstvennom reyestre izobreteniy RF 20.12.2011 g. Savin L.A., Korneyev A.YU., Sytin A.V., Yaroslavtsev M.M.
7. Ovcharov A.A., Brylev I.S. Matematicheskaya model deformirovaniya nelineyno uprugikh podkreplennykh konicheskikh obolochek pri dinamicheskom nagruzhenii // Inzhenernyy vestnik Dona, 2014. – Vyp. 5. — T. 29.
8. Mushtari, KH. M. Ob ustoychivosti tonkostennykh konicheskikh obolochek kruglogo secheniya pri kruchenii parami / KH. M. Mushtari. – V kn. Sbornik nauchnykh trudov KAI. – Kazan: Izdatelstvo Kazanskogo aviatsionnogo instituta, 1935. – S. 39–40.
9. Kostylev V. V. K voprosu rascheta dinamicheskoy prochnosti tonkikh konicheskikh obolochek // Issledovaniya po teorii plastin i obolochek, 1966. – Vyp. 4. – s. 336 – 341.
10. Kostylev V. V. Ustoychivost krugovykh konicheskikh obolochek pod deystviyem dinamicheskogo vneshnego davleniya // Issledovaniya po teorii plastin i obolochek, 1967. – Vyp. 5. – s. 480 – 493.
11. Korneyev A.YU., Sytin A.V., Li Shenbo. Funktsiya zazora v konicheskikh lepestkovykh gazodinamicheskikh podshipnikakh // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. № 5–2 (313), 2015. – S. 213 – 220.
12. Tokar I.YA. Proyektirovaniye i raschet opor treniya. M.: Mashinostroyeniye, 1971. – 168 s.
13. Korneyev A.YU., Savin L.A., Solomin O.V. Matematicheskaya model neizotermicheskogo turbulentnogo techeniya smazochnogo materiala v konicheskikh oporakh zhidkostnogo treniya // Vestnik mashinostroyeniya, 2005. – № 7. – S. 37 – 42.
14. Korneyev A.YU., Savin L.A., Solomin O.V. Konicheskiye podshipniki zhidkostnogo treniya: monografiya. M: Mashinostroyeniye–1, 2008. – 172 s.

Korneev Andrey Yuryevich

Orel State University named after I.S. Turgenev,
candidate of technical sciences, assistant professor, dean of
faculty of mean professional education
302030, Orel, Moskovskaya street, 34
Tel. 8–906–662–44–22
E-mail: korneev_andrey@mail.ru

Sytin Anton Valeryevich

Orel State University named after I.S. Turgenev,
candidate of technical sciences, assistant professor
of department of Mechatronics, Mechanics and Robotics
302020, Orel, Naugorskoe highway, 29
Tel. (4862) 41–98–85
E-mail: sytin@mail.ru

ПРИБОРЫ, БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 537.322.9

О.И. МАРКОВ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БОКОВОГО ОТВОДА ТЕПЛА В СТУПЕНЧАТОМ ТЕРМОЭЛЕМЕНТЕ

Аннотация. Выполнено численное моделирование тепловых и термоэлектрических процессов в ветви ступенчатого термоэлектрического охладителя Пельтье. Математическая модель, основанная на уравнениях стационарной теплопроводности с распределенными источниками тепловыделения, использует в качестве исходных данных рабочие характеристики термоэлектрических модулей. Представлены результаты численного моделирования тепловых полей

Ключевые слова: математическое моделирование, температурное поле, твердотельные термоэлектрические охладители Пельтье, боковой отвод тепла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аминов, Г.И. Термоэлектрические устройства для экспериментального исследования реакции человеческого организма на локальное тепловое воздействие / Г.И.Аминов. // Доклады X Межгосударственного семинара «Термоэлектрики и их применения», С.–Петербург. ФТИ им. А.Ф.Иоффе. 2006. С. 424–431.
2. Хазамова, М.А. Термоэлектрическое устройство для контрастного температурного воздействия в рефлексотерапии/ М.А.Хазамова // Доклады X Межгосударственного семинара «Термоэлектрики и их применения», С.–Петербург. ФТИ им. А.Ф.Иоффе. 2006. С. 432–435.
3. Анатычук, Л.И. Термоэлектричество. Т.1. Физика термоэлектричества/ Л.И. Анатычук. – Черновцы: Изд-во Института термоэлектричества. 2008. – 388 с
4. Анатычук, Л.И. Термоэлектричество. Т.2. Термоэлектрические преобразователи энергии/ Л.И. Анатычук. – Черновцы: Изд-во Института термоэлектричества. 2003. – 374 с
5. Марков, О.И. Компьютерное моделирование термоэлектрических преобразователей / О.И.Марков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2011. – № 1 (285). – С.20–24.
6. Марков, О.И. Оценка влияния теплообмена излучением на эффективность термоэлектрического охладителя. / О.И.Марков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2017. – № 6 (326). – С.167–171.
7. Корнилов, В.С. Расчет характеристик термоэлектрического охладителя с боковым отводом тепла / В.С.Корнилов, Г.А.Иванов, А.С. Парахин // Тезисы докладов межвузовской конференции «Физика твердого тела». Барнаул.БГПИ. 1982. с.10–11.
8. Корнилов, В.С. Исследование температурного поля термоэлектрического охладителя с боковым отводом тепла / В.С.Корнилов, Г.А.Иванов, А.С. Парахин // Тезисы докладов межвузовской конференции «Физика твердого тела». Барнаул. БГПИ. 1982. с.11–12.
9. Мунтян, С.П. Боковой сброс тепла в термоэлектрическом охлаждении. / С.П. Мунтян // Электронные свойства полуметаллов и полупроводников. Сб. научных трудов. – Кишинев: «Штиинца». –1987. – с.126–132.
10. Марков, О.И. Оптимизация решения граничной задачи для термоэлементов с теплообменом./ О.И. Марков, О.А. Мызникова, А.И. Рыжиков // сб. трудов IX Международного симпозиума «Методы дискретных особенностей в задачах математической физики». – Орел. – ОГУ. –2000. –С.300–303.
11. Патент на полезную модель РФ №172616 МПК H02L 35/02. Устройство полупроводникового термоэлемента. / О.И. Марков. Заявл. 10.03.2017; опубл. 14.07.2017., Бюл. №20, 2017.
12. Описание возможностей программы ELCUT // источник: http://elcut.ru/feat_r.htm

Марков Олег Иванович

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орел,
д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой экспериментальной и теоретической физики
E-mail: O.I.Markov@mail.ru/

O.I. MARKOV

MODELLING OF LATERAL HEAT REMOVAL IN THE STEP THERMOELEMENT

Abstract. Numerical modeling thermal and thermoelectric processes in a branch of step thermoelectric cooler of Peltier is executed. The mathematical model based on the equations of stationary heat conductivity with distributed sources of a thermal emission, uses performance data of thermoelectric modules as initial data. Results of numerical modeling of thermal fields are presented

Keywords: *Mathematical modeling, temperature field, solid–state thermoelectric coolers Peltier, lateral heat removal.*

BIBLIOGRAPHY

1. Aminov, G. I. Termoelektricheskie ustroystva dlja experimentalnogo issledovaniya reaktsii chelovecheskogo organizma na lokalnoe teplovoe vosdeystvie / G.I. Aminov // Doklady X Mezghosudarstvennogo seminaru «Termoelektriki i ih primeneniya», S.–Peterburg. FTI im. A.F.Ioffe. 2006. S. 424–431.
2. Hasamova, M.A. Termoelektricheskoe ustroystvo dlja kontrastnogo temperaturnogo vosdeystviya v reflexoterapii / M.A.Hasamova // Doklady X Mezghosudarstvennogo seminaru «Termoelektriki i ih primeneniya», S.–Peterburg. FTI im. A.F.Ioffe. 2006. S. 432–435.
3. Anatyshuk, L. I. Termoelektrichestvo. T.1. Fizika termoelektrichestva / L.I. Anatyshuk.– Chernovtsy: Isd–vo Unstituta termoelektrichestva. 2008. –388 s.
4. Anatyshuk, L. I. Termoelektrichestvo. T.2. Termoelektricheskie preobrasovateli energii / L.I. Anatyshuk.– Chernovtsy: Isd–vo Unstituta termoelektrichestva. 2003.– 374 s.
5. Markov, O.I. Kompyuternoye modelirovaniye termoelektricheskikh preobrasovateley/ O.I.Markov// Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2011. – №1 (285). – S. 20–24.
6. Markov, O.I. Otsenka vliyaniya teploobmena na effektivnost termoelektricheskogo ohladitelya / O.I.Markov // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2017. – №6 (326). – S. 167–171.
7. Kornilov, V.S. Raschet harakteristik termoelektricheskogo ohladitelya s bokovym otvodom tepla / V.S. Kornilov, G.A.Ivanov, A.S.Parahin // Tesisy dokladov mezhdunarodnoy konferentsii «Fizika tverdogo tela». Barnaul.: BGPI, 1982. – S. 10–11.
8. Kornilov, V.S. Issledovanie temperaturnogo polya termoelektricheskogo ohladitelya s bokovym otvodom tepla / V.S. Kornilov, G.A.Ivanov, A.S.Parahin // Tesisy dokladov mezhdunarodnoy konferentsii «Fizika tverdogo tela». Barnaul.: BGPI, 1982. – S. 11–12.
9. Muntyan, S.P. Bokovoy sbros tepla v termoelektricheskom ohlazhdenii / S.P. Muntyan // Elektronnyye svoystva polumetallov i poluprivodnikov. Sb. nauchnykh trudov. Kishinev: Shtiintsa. –1987.– S.126–132.
10. Markov, O.I. Optimisatsiya resheniya granichnoy sadachi dlya termoelementov s teploobmenom / O.I.Markov, O.A. Mysnikova, A.I. Ryzhikov // sb. trudov IX Mezhdunarodnogo simposiuma «Metody diskretnykh osobennostey v sadachah matematicheskoy fiziki». –Orel.–OGU.– 2000. –S.300–303.
11. Patent na polesnyuyu model RF № 172616 МПК H02L 35/02. Ustroystvo poluprovodnikovogo termoelementa / Markov O.I. sayavl. 10.03.2017, opubl. 14.07.2017. Byul. №20, 2017.
12. Opisaniye vozmozhnostey programmy ELCUT // istochnik: http://elcut.ru/feat_r.htm

Markov Oleg Ivanovich

Orel State University named after I.S.Turgenev, Orel,
Doctor of Phys.–Math, Sciences,
Head of Department of experimental and theoretical physics
E–mail: O.I.Markov@mail.ru

УДК 51–74

И.Н. БУРИЛИЧ, Д.Н. ТЮТЮНОВ, Л.И. СТУДЕНИКИНА, Е.Ю. МАШКОВ, Н.А. КОНОРЕВА

ОДИН ИЗ ВАРИАНТОВ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ЗАДАНЫХ ЛИМИТОВ

Аннотация. В предлагаемой статье рассмотрена проблема формирования массива потребителей электроэнергии на основе предлагаемых лимитов. Поставлена задача оптимизации процесса распределения мощностей, подаваемых из сети в зависимости от числа заказчиков. Предложена математическая модель, основанная на анализе и свойствах функции нескольких независимых вещественных переменных, приводящая к поиску локального экстремума этой функции. Главные положения метода, получившего название «метод n –ок», базируются на распределении потребителей электроэнергии на n групп и опираются на наличие ограничений по лимитам потребления. В качестве критерия оптимальности выбирается условный локальный минимум функции цели, которая представляет собой сумму отношений n значений лимитов энергоресурса к

соответствующему числу его потребителей в полученных группах. Выведены необходимые рабочие формулы оптимального распределения лимитов электроэнергии в массиве потребителей.

Ключевые слова: формирование массива потребителей, математическая модель, локальный минимум функции цели, стационарная точка, дифференциал функции Лагранжа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурилич, И.Н. «Метод троек» – как один из приемов использования математического анализа для оптимизации распределения получателей ресурса в сфере потребления // И.Н. Бурилич, Тютюнов, Д.Н., Л.И. Студеникина // Научно–технический журнал «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии» – ОГУ им. Тургенева, № 6(326) 2017. – С.160–167.
2. Федоров, С.С. Оптимальное распределение тепловой энергии среди массива потребителей на основе математического анализа / С.С. Федоров, Д.Н. Тютюнов, Л.И. Студеникина. – Промышленное и гражданское строительство. 2017. №6. – С.71–75.
3. Тютюнов Д.Н. Применение методов вещественного анализа для оптимального распределения ресурсов в массиве потребителей – «Метод двоек» / Д.Н. Тютюнов, Л.И. Студеникина, Е.А. Бойцова, Н.К. Зарубина, Н.А. Конорева. – Фундаментальные исследования. 2017. №9. Ч.2. – С. 362–366.
4. Тютюнов Д.Н. Функции нескольких переменных [Электронный ресурс]: учебное пособие / Д.Н. Тютюнов, Л.И. Студеникина. Е.В. Скрипкина. – Юго–Зап. гос. ун–т. – Курск: ЮЗГУ, 2016. – 176.
5. Тютюнов, Д.Н. Неопределённый интеграл. Техника интегрирования / Д. Н. Тютюнов, Л. И. Студеникина. – Старый Оскол: ТНТ, 2016. – 115 с.
6. Студеникина, Л.И. О единой платформе различных математических дисциплин / Л.И. Студеникина, Т.В. Шевцова. // Актуальные проблемы и перспективы преподавания математики. – 2012. – С.73–80.
7. Конорева Н.А. О проблемах преподавания высшей математики студентами заочного отделения технического вуза / Н.А. Конорева. // Актуальные проблемы и перспективы преподавания математики. – 2016. – С.37–40.
8. Шевцова Т.В. Проблемы формирования математических понятий / Т.В. Шевцова. // Актуальные проблемы и перспективы преподавания математики. – 2012. – С.91–97.

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

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

Студеникина Лариса Ивановна
ФГБОУ «Юго–Западный
государственный университет»
г. Курск
Кандидат педагогических наук,
доцент кафедры высшей
математики
305040, г.Курск, ул.50 лет Октября,
94
E-mail: SLI-kursk@yandex.ru

Машков Евгений Юрьевич
ФГБОУ «Юго–Западный
государственный университет»
г. Курск
Кандидат физико–математических наук,
ст.преподаватель кафедры высшей математики
305040, г.Курск, ул.50 лет Октября, 94
E-mail: mashkovevgen@yandex.ru

Конорева Наталья Александровна
ФГБОУ «Юго–Западный
государственный университет»
г. Курск
преподаватель кафедры высшей математики
305040, г.Курск, ул.50 лет Октября, 94
E-mail: belyhka@yandex.ru

I.N. BURILICH, D.N. TYUTYUNOV, L.I. STUDENIKINA, E.Yu. MASHKOV, N.A. KONOREVA

ONE OF THE OPTIONS FOR THE OPTIMAL DISTRIBUTION OF ELECTRICITY CONSUMERS BASED ON SPECIFIED LIMITS

Abstract. *In the article the problem of formation of the massif of consumers of the electric power on the basis of the offered limits is considered. The task of optimization of the process of distribution of the capacities given from network depending on a number of customers is set. The mathematical model based on the analysis and properties of function of several independent real variables, leading to search of a local extremum of this function is offered. The main provisions of the method which has received the name «N–method» are based on the distribution of consumers of the electric power to some groups and are based on the existence of restrictions on consumption limits. As a criterion of*

optimality the conditional local minimum of objective function which represents the sum of the attitudes of some values of limits of energy resource towards the corresponding number of his consumers in the received groups is chosen. The necessary working formulas for the optimal distribution of electricity limits in the massif of consumers are obtained by the authors.

Keywords: formation of the massif of consumers, mathematical model, local minimum of objective function, stationary point, differential of Lagrange function.

BIBLIOGRAPHY

1. Burilich, I.N. «Metod troek» – kak odin iz priyomov ispolzovaniya matematicheskogo analiza dlya optimizatsii raspredeleniya poluhateley resursa v sfere potrebleniya / I.N. Burilich, D.N. Tyutyunov, L.I. Studenikina // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii–OGU them. Turgenev – №6(326) 2017 – S. 160–167.

2. Fedorov, S.S., Optimalnoe raspredelenie teplovoy energii sredi massiva potrebiteley na osnove matematicheskogo analiza / S.S. Fedorov, D.N. Tyutyunov, L.I. Studenikina // Promyshlennoe i grajdanskoe stroitelstvo. – 2017. – № 6 – S. 71–75.

3. Tyutyunov, D.N. Primeneniye metodov veshchestvennogo analiza dlya optimalnogo raspredeleniya resursov v massive potrebiteley – «Metod dvoitek», Tyutyunov D.N., Fedorov S.S., Boytsova Ye.A., Studenikina L.I., Zarubina N.K., Konoreva N.A., Gnezdilova O.A., Shchedrina G.G. // Fundamentalnyye issledovaniya. – 2017. –№ 9 (chast 2) – S. 362–366.

4. Tyutyunov, D.N. Funktsii neskol'kikh peremennykh: uchebnoye posobiye / D.N. Tyutyunov, L.I. Studenikina, Ye.V. Skripkina // Kursk: ZAO «Universitetskaya kniga», 2016. – 158s.

5. Tyutyunov, D.N. Neopredelennyy integral. Tekhnika integrirvaniya. / D.N. Tyutyunov, L.I. Studenikina // Staryy Oskol: TNT. – 2016. – 115s.

6. Studenikina, L.I. O edinoi platforme razlihnnykh matematicheskikh distsiplin. / L.I. Studenikina, T.V. Shevtsova // Aktualnyye problem i perspektivy prepodavaniya matematiki. – 2012. – S. 73–80.

7. Konoreva, N.A. O problemakh prepodavaniya vyyshey matematiki studentam zaohngo otdeleniya tekhnicheskogo vuza. / N.A. Konoreva // Aktualnyye problem i perspektivy prepodavaniya matematiki. – 2016. – S. 37–40.

8. Shevtsova, T.V. Problemy formirovaniya matematicheskikh poniaty. / T.V. Shevtsova // Aktualnyye problem i perspektivy prepodavaniya matematiki. – 2012. – S. 91–97.

Burilich Irina Nikolaevna

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

Tutunov Dmitry Nikolaevich

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

Studenikina Larisa Ivanovna

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

Mashkov Evgeniy Yurievich

Southwest State University, Kursk
Lecturer
305040, Kursk, 50 years of October
St., 94
E-mail: mashkovevgen@yandex.ru

Konoreva Natalia Aleksandrovna

Southwest State University, Kursk
Lecturer
305040, Kursk, 50 years of October
St., 94
E-mail: belyhka@yandex.ru

КОНТРОЛЬ, ДИАГНОСТИКА, ИСПЫТАНИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

УДК 78.01.81

Я.Н. ГУСЕНИЦА, А.В. МАЛАХОВ, Д.И. СТАРОВОЙТОВ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ
ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЕННО–ТЕХНИЧЕСКИХ
СИСТЕМ ПРИ ОГРАНИЧЕННОМ КОЛИЧЕСТВЕ
НАТУРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ**

Аннотация. Работа направлена на решение задачи оптимального управления реализацией натуральных экспериментов военно-технических систем и своевременного окончания испытательного процесса. Предложен новый подход к оцениванию характеристик военно-технических систем, основанный на использовании генетических алгоритмов. Проведен вычислительный эксперимент над вариантами реализации генетического алгоритма для оценивания производительности космического аппарата наблюдения. Определен вариант генетического алгоритма, который в отличие от других, позволяет наиболее оперативно отыскивать экстремум целевой функции характеристики военно-технической системы.

Ключевые слова: военно-технические системы, испытания, натурные эксперименты, оценивание характеристик, поиск экстремума, генетический алгоритм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ардашов А.А., Арсеньев В.Н., Силантьев С.Б. Оценивание характеристик надежности сложной системы при ограниченном объеме экспериментальных данных / А.А. Ардашов, В.Н. Арсеньев, С.Б. Силантьев // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2016. Т. 59. № 3. С. 197–201.
2. Витюк В.Л., Миронов Е.А., Севастьянов Д.А., Шестопалова О.Л. Определение оптимального варианта развития систем телекоммуникационного обеспечения эксплуатации и применения ракетно-космических комплексов в нечетко заданных условиях // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. С. 132.
3. Гусеница Я.Н., Смагин В.А., Масленников С.А., Чернов И.В. Оптимальное гарантированное вероятностное квантование окружности равными дугами для перспективной аэрофотосъемки // Информация и космос. 2018. № 1. С. 106–110.
4. Гусеница Я.Н. Метод оценивания стохастического подобия систем на основе энтропийного анализа // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2017. № 9–10 (111–112). С. 13–17.
5. Джонс М.Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 312 с.
6. Дорожко И.В., Осипов Н.А. Методика синтеза оптимальных стратегий диагностирования автоматизированных систем управления сложными техническими объектами с использованием априорной информации // Труды СПИИРАН. 2012. № 1 (20). С. 165–185.
7. Дмитриев А.К., Кравцов А.Н. Синтез программы распознавания информационных сообщений на основе принципа согласованного оптимума // Авиакосмическое приборостроение. 2008. № 6. С. 50–57.
8. Евстигнеев Н.А., Емельянов В.М., Дорохов А.Н. Оптимальное оценивание квазисистематических составляющих ошибок навигационных систем // Информация и космос. 2010. № 2. С. 22–27.
9. Затылкин А.В., Голушко Д.А., Лысенко А.В. Методика исследования радиоэлектронных средств опытно-теоретическим методом на ранних этапах проектирования // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2012. № 7 (38). С. 91–96.
10. Козлов Н.Н. Особенности современной методологии испытаний систем вооружения воздушно-космической обороны / Н.Н. Козлов, В.П. Красный, А.В. Решетников // Военная мысль. 2015. № 6. С. 42–50.
11. Кузнецов В.В., Трухачев В.И. Особенности современной методологии испытаний систем вооружения воздушно-космической обороны // Сборник научных трудов «Теория, постановка и результаты агроинженерного эксперимента» Воронежского государственного аграрного университета. 1999. С. 9–15.
12. Куренков В.И. Методы исследования эффективности ракетно-космической техники: электрон. учеб. пособие / В.И. Куренков, М.Ю. Гоголев. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т), 2012.
13. Любарчук Ф.Н., Елисеев А.П. Концепция научно-методических положений испытаний реактивных снарядов в условиях ограниченности временных и финансовых ресурсов // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2017. № 1 (96). С. 130–135.
14. Малахов А.В., Гусеница Я.Н., Сысоев Д.О., Сыроватский Д.В. Научно-методический подход к оптимальному распределению мобильных метрологических комплексов для метрологического обслуживания средств измерений в местах штатной эксплуатации // материалы научно-методических трудов II Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы развития вооружения, военной и специальной техники Войск противовоздушной и противоракетной обороны, Космических войск Воздушно-космических сил». 2017. С. 128–131.
15. Маслов Г.А., Митенков В.Б. Оценка вибрационных характеристик летательного аппарата с помощью высокомоментной статистики при ограниченном объеме экспериментов // Вестник Московского авиационного института. 2014. Т. 21. № 2. С. 13–17.
16. Матвеев М.Г., Свиридов А.С., Алейникова Н.А. Методы и модели искусственного интеллекта. Применение в экономике: учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2008. – 448 с.

17. Найденов В.Г., Крупский К.А., Бочкарев А.В. Методический подход к оценке потребного количества натуральных экспериментов при проведении испытаний сложных образцов вооружения, военной и специальной // Вооружение и экономика. 2015. № 1 (30). С. 4–11.
18. Панченко Т.В. Генетические алгоритмы: учебно–методическое пособие; под ред. Ю.Ю. Тарасевича. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2007. – 87 с.
19. Рутковский Л. Методы и технологии искусственного интеллекта. – М.: Горячая линия – Телеком, 2010. – 520 с.
20. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
21. Смагин В.А., Шерстобитов С.А., Ширямов О.А. Определение гарантированной функции распределения величины кванта в задаче квантования информации// Информация и космос. 2016. № 2. С. 72–76.
22. Слатин В.В. Метод оценки сходимости процессов системы наведения и ее математической модели в условиях ограниченного числа натуральных испытаний // Сборник докладов «Авиационные системы в XXI веке». 2017. С. 182–189.
23. Шаракшанэ А.С., Жедезнов И.Г. Испытания сложных систем. – М.: Высшая школа, 1974. – 184 с.
24. Шестихин В.И., Салтанов П.Я., Якубовский С.В. Опытнo–теоретический метод испытаний системы предупреждения о ракетном нападении // Военная мысль. 2015. № 6. С. 37–41.
25. Holland J.H. Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control and Artificial Intelligence. – Cambridge: MIT Press, 1992. – 225 p.
26. Soldatenko V.S. Model of optimum planning of civil engineering in the settlement territory // Advanced Materials Research. 2014. T. 945–949. С. 3069–3077.

Гусеница Ярослав Николаевич
 ФГБВОУ ВО «Военно–
 космическая академия имени
 А.Ф.Можайского», г. Санкт–
 Петербург
 Кандидат технических наук,
 преподаватель кафедры
 метрологического обеспечения
 ВВСТ
 197198, г. Санкт–Петербург, ул.
 Ждановская, д.13
 Тел. 8 (981) 831–50–29
 E–mail: yaromir226@mail.ru

**Малахов Александр
 Владимирович**
 ФГБУ «Главный научный
 метрологический центр»
 Минобороны России, 1 филиал,
 г. Москва
 Кандидат технических наук,
 начальник отдела
 123007, г. Москва, Хорошевское
 шоссе, д. 76 В
 Тел. 8 (919) 722–12–02
 E–mail: sanya–mail@yandex.ru

Старовойтов Дмитрий Игоревич
 ФГБВОУ ВО «Военно–
 космическая академия имени
 А.Ф.Можайского», г. Санкт–
 Петербург
 Курсант
 197198, г. Санкт–Петербург, ул.
 Ждановская, д.13
 Тел. 8(999)536–27–51
 E–mail: trall.95@mail.ru

Ya.N. GUSENITSA, A.V. MALAKHOV, D.I. STAROVOYTOV

RESEARCH OF GENETIC ALGORITHMS FOR ESTIMATION OF CHARACTERISTICS OF MILITARY AND TECHNICAL SYSTEMS AT LIMITED NUMBER OF NATURAL EXPERIMENTS

Abstract. *Work is directed on solution of problem of optimum control of implementation of natural experiments of military and technical systems and the timely end of test process. The new approach to estimation of characteristics of military and technical systems based on use of genetic algorithms is offered. Computing experiment with options of implementation of the genetic algorithm for estimation of productivity of the spacecraft of supervision is made. The version of the genetic algorithm which unlike others, allows to find most quickly extremum of target function of the characteristic of military and technical system is defined.*

Keywords: *military and technical systems, tests, natural experiments, estimation of characteristics, search of an extremum, genetic algorithm.*

BIBLIOGRAPHY

1. Ardashov A.A., Arsenev V.N., Silantev S.B. Ocenivanie harakteristik nadezhnosti slozhnoj sistemy pri ogranichenom ob»eme ehksperimentalnyh dannyh / A.A. Ardashov, V.N. Arsenev, S.B. Silantev // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Priborostroenie. 2016. T. 59. № 3. S. 197–201.
2. Vityuk V.L., Mironov E.A., Sevastyanov D.A., SHestopalova O.L. Opredelenie optimalnogo varianta razvitiya sistem telekommunikacionnogo obespecheniya ehkspluatatsii i primeneniya raketno–kosmicheskikh kompleksov v nechetko zadannyh usloviyah // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. № 1–1. S. 132.

3. Gusenica YA.N., Smagin V.A., Maslennikov S.A., Chernov I.V. Optimalnoe garantirovannoe veroyatnostnoe kvantovanie okruzhnosti ravnymi dugami dlya perspektivnoj aehrofotos»emki // Informaciya i kosmos. 2018. № 1. S. 106–110.
4. Gusenica YA.N. Metod ocenivaniya stohasticheskogo podobiya sistem na osnove ehntropijnogo analiza // Voprosy oboronnoj tekhniki. Seriya 16: Tekhnicheskie sredstva protivodejstviya terrorizmu. 2017. № 9–10 (111–112). S. 13–17.
5. Dzgons M.T. Programmirovaniye iskusstvennogo intellekta v prilozheniyah. – M.: DMK Press, 2013. – 312 s.
6. Dorozhko I.V., Osipov N.A. Metodika sinteza optimalnyh strategij diagnostirovaniya avtomatizirovannyh sistem upravleniya slozhnymi tekhnicheskimi ob»ektami s ispolzovaniem apriornoj informacii // Trudy SPIIRAN. 2012. № 1 (20). S. 165–185.
7. Dmitriev A.K., Kravcov A.N. Sintez programmy raspoznavaniya informacionnyh soobshchenij na osnove principa soglasovannogo optimuma // Aviakosmicheskoe priborostroenie. 2008. № 6. S. 50–57.
8. Evstigneev N.A., Emelyanov V.M., Dorohov A.N. Optimalnoe ocenivanie kvazisistematicheskikh sostavlyayushchih oshibok navigacionnyh sistem // Informaciya i kosmos. 2010. № 2. S. 22–27.
9. Zatylnik A.V., Golushko D.A., Lysenko A.V. Metodika issledovaniya radioehlektronnyh sredstv opytno–teoreticheskim metodom na rannih ehtapah proektirovaniya // Vestnik Samarskogo universiteta. Aehrokosmicheskaya tekhnika, tekhnologii i mashinostroenie. 2012. № 7 (38). S. 91–96.
10. Kozlov N.N. Osobennosti sovremennoj metodologii ispytaniy sistem vooruzheniya vozdushno–kosmicheskoy oborony / N.N. Kozlov, V.P. Krasnyj, A.V. Reshetnikov // Voennaya mysl. 2015. № 6. S. 42–50.
11. Kuznecov V.V., Truhachev V.I. Osobennosti sovremennoj metodologii ispytaniy sistem vooruzheniya vozdushno–kosmicheskoy oborony // Sbornik nauchnyh trudov «Teoriya, postanovka i rezultaty agroinzhenernogo ehksperimenta» Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 1999. S. 9–15.
12. Kurenkov V.I. Metody issledovaniya ehffektivnosti raketno–kosmicheskoy tekhniki: ehlektron. ucheb. posobie / V.I. Kurenkov, M.YU. Gogolev. – Samara: Samar. gos. aehrokosm. un–t im. S.P. Koroleva (nac. issled. un–t), 2012.
13. Lyubarchuk F.N., Eliseev A.P. Konceptiya nauchno–metodicheskikh polozhenij ispytaniy reaktivnyh snaryadov v usloviyah ogranichenosti vremennyh i finansovyh resursov // Izvestiya Rossijskoy akademii raketnyh i artillerijskikh nauk. 2017. № 1 (96). S. 130–135.
14. Malahov A.V., Gusenica YA.N., Sysoev D.O., Syrovatskij D.V. Nauchno–metodicheskij podhod k optimalnomu raspredeleniyu mobilnyh metrologicheskikh kompleksov dlya metrologicheskogo obsluzhivaniya sredstv izmerenij v mestah shtatnoj ehkspluatacii // materialy nauchno–metodicheskikh trudov II Vserossijskoy nauchno–prakticheskoy konferencii «Aktualnye voprosy razvitiya vooruzheniya, voennoj i specialnoj tekhniki Vojsk protivovozdushnoj i protivoraketnoj oborony, Kosmicheskikh vojsk Vozdushno–kosmicheskikh sil». 2017. S. 128–131.
15. Maslov G.A., Mitenkov V.B. Ocenka vibracionnyh harakteristik letatel'nogo apparata s pomoshchyu vysokomomentnoj statistiki pri ogranichenom ob»eme ehksperimentov // Vestnik Moskovskogo aviacionnogo instituta. 2014. T. 21. № 2. S. 13–17.
16. Matveev M.G., Sviridov A.S., Alejnikova N.A. Metody i modeli iskusstvennogo intellekta. Primenenie v ehkonomie: ucheb. posobie. – M.: Finansy i statistika; INFRA–M, 2008. – 448 s.
17. Najdenov V.G., Krupskij K.A., Bochkarev A.V. Metodicheskij podhod k ocenke potrebnogo kolichestva naturnyh ehksperimentov pri provedenii ispytaniy slozhnyh obrazcov vooruzheniya, voennoj i specialnoj // Vooruzhenie i ehkonomika. 2015. № 1 (30). S. 4–11.
18. Panchenko T.V. Geneticheskie algoritmy: uchebno–metodicheskoe posobie; pod red. YU.YU. Tarasevicha. – Astrahan: Izdatelskij dom «Astrahanskij universitet», 2007. – 87 s.
19. Rutkovskij L. Metody i tekhnologii iskusstvennogo intellekta. – M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2010. – 520 s.
20. Rutkovskaya D., Pilinskij M., Rutkovskij L. Nejrornyie seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy. – M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2006. – 452 s.
21. Smagin V.A., SHerstobitov S.A., SHiryamov O.A. Opredelenie garantirovannoj funkcii raspredeleniya velichiny kvanta v zadache kvantovaniya informacii // Informaciya i kosmos. 2016. № 2. S. 72–76.
22. Slatin V.V. Metod ocenki skhodimosti processov sistemy navedeniya i ee matematicheskoy modeli v usloviyah ogranichenogo chisla naturnyh ispytaniy // Sbornik dokladov «Aviacionnye sistemy v XXI veke». 2017. S. 182–189.
23. SHarakshaneh A.S., ZHedeznov I.G. Ispytaniya slozhnyh sistem. – M.: Vysshaya shkola, 1974. – 184 s.
24. SHestihin V.I., Saltanov P.YA., YAkubovskij S.V. Opytno–teoreticheskij metod ispytaniy sistemy preduprezhdeniya o raketnom napadenii // Voennaya mysl. 2015. № 6. S. 37–41.
25. Holland J.H. Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control and Artificial Intelligence. – Cambridge: MIT Press, 1992. – 225 p.
26. Soldatenko V.S. Model of optimum planning of civil engineering in the settlement territory // Advanced Materials Research. 2014. T. 945–949. C. 3069–3077.

Academy named after A. F. Mozhaisky», Saint-Petersburg
Candidat of Technical Sciences,
lecturer of the Department of
metrological support of VVT
197198, Saint-Petersburg,
Zhdanovskaya str., 13
Phone: 8 (981) 831-50-29
E-mail: yaromir226@mail.ru

center» Ministry of defense of Russia,
1 branch, Moscow
Candidat of Technical Sciences, head
of Department
123007, Moscow, Khoroshevskoe sh,
d. 76 B
Phone: 8 (919) 722-12-02
E-mail: sanya-mall1@yandex.ru

Academy named after A. F. Mozhaisky», Saint-Petersburg
Cadet
197198, Saint-Petersburg,
Zhdanovskaya str., 13
Phone: 8(999)536-27-51
E-mail: trall.95@mail.ru

УДК 621.3

В.Г. ЛИСИЧКИН

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕЗОНАНСНОГО КОНТРОЛЯ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ АНАЛИЗА

Аннотация. *Статья посвящена исследованиям в области совершенствования частотных методов резонансного контроля. Для повышения универсальности приборов резонансного контроля используется линейная частотная модуляция сигнала, возбуждающего измерительный преобразователь. Выполнены аналитические и экспериментальные исследования процессов контроля, позволяющие оценить дополнительную погрешность измерений, возникающую от «сноса» резонансной частоты, и намечены пути уменьшения этой погрешности.*

Ключевые слова: *резонансный контроль, точность измерений, линейная частотная модуляция, «снос» резонансной частоты.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арш, Э.С. Автогенераторные методы и средства измерений / Э.С. Арш. – М.: Машиностроение, 1979. – 256 с.
2. Неразрушающий контроль металлов и изделий. Справочник / Под ред. Г.С. Самойловича. – М.: Машиностроение, 1976. – 456 с.
3. Гоноровский, И.С. Радиотехнические цепи и сигналы / И.С. Гоноровский. – М.: Сов. радио, 1971. – 672 с.
4. Арш, Э.С. Автогенераторные измерения / Э.С. Арш. – М.: Энергия, 1976. – 136 с.
5. Лисичкин, В.Г. Раздел 4. Исследование процесса резонансного контроля толщины покрытий с использованием цифровых методов обработки / В.Г. Лисичкин // Контроль и диагностика при обеспечении качества машиностроительных изделий. Коллективная монография. – М.: Издательский дом «Спектр», 2012. – С. 150–184.
6. Анго, А. Математика для электро- и радиоинженеров / А. Анго. – М.: Наука, 1967. – 780 с.
7. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука, 1986. – 544 с.
8. Винокуров, М.В. Моделирование процессов резонансного контроля с линейной частотной импульсной модуляцией / М.В. Винокуров, В.Г. Лисичкин, С.Н. Шведов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, ОрелГТУ, № 1 (291), 2012. – С. 111 – 117.
9. Дьяконов, В.П. Mathcad 8–12 для студентов. Серия «Библиотека студента» / В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОН–Пресс, 2005. – 632 с.
10. Лисичкин, В.Г. Модель информационно-измерительной системы резонансного типа с развертывающим частотным преобразованием / В.Г. Лисичкин // Информационные системы и технологии «Госуниверситет–УНПК», № 2 (94), 2016. – С. 22 – 29.

Лисичкин Владимир Георгиевич

Академия ФСО России, г. Орёл
Доктор технических наук, доцент, сотрудник отдела
ул. Приборостроительная, 35
E-mail: lisichkin-vg@rambler.ru

RESEARCH OF THE RESONANT CONTROL IN TIME AREA OF THE ANALYSIS

Abstract. *The article is devoted to perfection of resonant control frequency methods. It is offered to use linear frequency modulation of the exciting measuring converter signal to increase the universality of resonant control devices. Analytical and experimental researches are executed, to estimate an additional error of measurements. This error arises by the reason of resonant frequency «pulling down» and the ways of its reduction are planned.*

Keywords: *resonant control, accuracy of measurements, linear frequency modulation, «pulling down» of resonant frequency.*

BIBLIOGRAPHY

1. Arsh, E.S. Avtogeneratorynye metody i sredstva izmereniy / E.S. Arsh. – M.: Mashinostroenie, 1979. – 256 s.
2. Nerazrushajushiy kontrol metallov i izdeliy. Spravochnik / Pod red. G.S. Samoylovicha. – M.: Mashinostroenie, 1976. – 456 s.
3. Gonorovskiy, I.S. Radiotekhnicheskie cepi i signaly / I.S. Gonorovskiy. – M.: Sov. radio, 1971. – 672 s.
4. Arsh, E.S. Avtogeneratorynye izmereniy / E.S. Arsh. – M.: Energija, 1976. – 136 s.
5. Lisichkin, V.G. Razdel 4. Issledovanie processa rezonansnogo kontrolja tolshiny pokrytiy s ispolzovaniem cifrovyyh metodov obrabotki / V.G. Lisichkin // Kontrol i diagnostika pri obespechenii kachestva mashinostroitelnyh izdeliy. Kollektivnaya monografija. – M.: Izdatelskiy dom «Spektr», 2012. – S. 150–184.
6. Anko, A. Matematika dlja elektro- i radioinzhenerov. – M.: Nauka, 1967. – 780 s.
7. Bronshteyn, I.N. Spravochnik po matematike dlja inzhenerov i uchashihsja vtuzov / I.N. Bronshteyn, K.A. Semendjaev. – M.: Nauka, 1986. – 544 s.
8. Vinokurov, M.V. Modelirovanie processov rezonansnogo kontrolja s lineynoy chastotnoy impulsnoy moduljaciey / M.V. Vinokurov, V.G. Lisichkin, S.N. Shvedov // Fundamentalnye i prikladnye problemy tehniki i tehnologii, OrelGTU, № 1 (291), 2012. – S. 111 – 117.
9. Djakonov, V.P. Mathcad 8–12 dlja studentov. Serija «Biblioteka studenta» / V.P. Djakonov. – M.: SOLON–Press, 2005. – 632 s.
10. Lisichkin, V.G. Model informacionno–izmeritelnoy sistemy rezonansnogo tipa s razvertyvajushim chastotnym preobrazovaniem / V.G. Lisichkin // Informacionnye sistemy i tehnologii «Gosuniversitet–UNPK», № 2 (94), 2016. – S. 22 – 29.

Lisichkin Vladimir Georgievich

Russian Academy of FSO (Federal Protect (Guard) Service), Oryol
Dr.Sci.Tech., the senior lecturer, the employee of department
Street Priborostroitel'naja, 35
E-mail: lisichkin–vg@rambler.ru

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

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

- Статья предоставляется в 1 экземпляре на бумажном носителе и в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе).

- Водном сборнике может быть опубликована только **одна статья одного автора**, включая соавторство.

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

- Структура статьи:

УДК:

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

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

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

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

Текст статьи:

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

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

Фамилия, имя, отчество;

учреждение или организация;

ученая степень, ученое звание, должность;

адрес;

телефон;

электронная почта.

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

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

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

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

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

Плата за опубликование статей не взимается.

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

Адрес издателя:

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

Адрес редакции:

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

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

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 20.07.2018 г.
Дата выхода в свет
Формат 60x88 1/8. Усл. печ. л. 12,375
Цена свободная. Тираж 600 экз.
Заказ _____

Отпечатано с готового оригинал–макета
на полиграфической базе ИП Синяев В.В.
302001, г. Орел, ул. Розы Люксембург, 10а