

Редколлегия

Главный редактор

Радченко С.Ю. д-р техн. наук, проф.

Заместители главного редактора:

Барсуков Г.В. д-р техн. наук, проф.

Гордон В.А. д-р техн. наук, проф.

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

Поляков Р.Н. д-р техн. наук, проф.

Шоркин В.С. д-р физ.-мат. наук, проф.

Члены редколлегии:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(Азербайджан)

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

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

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

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

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

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

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

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

(Беларусь)

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

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

Ответственный секретарь:

Тюхта А.В. канд. техн. наук

Адрес редакции

302030, г. Орел, ул. Московская, 34

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

http://oreluniver.ru

E-mail: radsu@rambler.ru

Зарег. в Федеральной службе по
надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-67029
от 30 августа 2016 года

Подписной индекс **29504**
по объединенному каталогу
«Пресса России»

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2020

Содержание

Теоретическая механика и ее приложения

- Корнеев А.Ю., Сытин А.В., Кузавка А.В., Мищенко Е.В. Математическая модель расчета
упорных конических лепестковых подшипников..... 3

Механика деформируемого твердого тела, динамика и прочность

- Неменко А.В., Никитин М.М. Применение упругих деформаций к формообразованию
параболического зеркала..... 11

Машиностроительные технологии и оборудование

- Сережжик М.А., Климок Д.О., Плехих А.И. Анализ возможности использования 3d-печати для
быстрого инструментального производства в области холодной листовой штамповки..... 20
- Харченко А.О., Братан С.М., Владецкий Е.А. Совершенствование станочного оборудования
для прецизионной обработки деталей в плавучих мастерских 31
- Новиков А.Д., Тарапанов А.С., Селеменев М.Ф. Механизм повышения стойкости
раскатников резьбы при применении напояемых 39
- Яцун Е.И., Зубкова О.С., Гордейков А.В., Зубков Д.А. Увеличение динамической жесткости
расточных оправок..... 45
- Барсуков Г.В., Степанов Ю.С., Кожус О.Г., Журавлева Т.А. Оптимизация параметров
компонентов оборудования для гидроабразивной резки, обеспечивающая повышение
эффективности обработки..... 50
- Дологлоня А.В., Матвеев В.Т. Оптимизация степени регенерации для циклов
микроргазотурбинных установок 59

Машиноведение и мехатроника

- Корнаев А.В., Стебаков И.Н., Попов С.Г., Казаков Ю.Н. Программно-аппаратный комплекс
для мониторинга и диагностики роторно-опорных систем..... 67
- Поляков Р.Н., Горин А.В., Зарецкий Р.К., Токмаков Н.В. Активная виброзащита на основе
мехатронной системы 76
- А.С. Фетисов, В.О. Тюрин Магнитореологическая опора скольжения: экспериментальные
результаты..... 83
- Шутин Д.В., Малахов А.В., Романов В.В. Теоретические основы устойчивости мобильного
строительного робота..... 91
- Абдулин Р.Р., Подшибнев В.А., Самсонович С.Л. Исследование крутильной жесткости
волновой передачи с промежуточными телами качения 95
- Савин Л.А., Бычков М.В., Козырев Д.Л., Марахин Н.А. Траектории движения роторов с
управляемыми упруго-демпферными опорами..... 105

Приборы, биотехнические системы и технологии

- Жидков А.В., Макаров А.А., Подмастерьев К.В., Жильцов М.П., Чекмарева Д.Е. Анализ
предикторов эпилептических приступов 112
- Евсиков А.А., Коковин В.А., Леонов А.П. Об особенностях структуры и настройки
отечественных сервоприводов с векторным управлением..... 122
- Козлов И.О. Обзор подходов к описанию процессов рассеивания света в биологических
тканях..... 131

Контроль, диагностика, испытания и управление качеством

- Иванов Ю.Н., Ремизов Ю.А., Давыдова Н.В., Медоев В.Э. Модель и алгоритм
прогнозирования показателей качества военной техники связи с использованием
нейронечеткой сети..... 140
- Суханова М.В., Бондарева Л.А. Обоснование оптимального выбора длины волны для
проведения функциональной диагностики растений оптическим методом в условиях
недостаточного влагообеспечения 146
- Аникеева О.В., Иващенко А.Г., Струбулев М.Л. Верификация линейной модели динамики
качества при исследовании целенаправленной деятельности промышленного
предприятия..... 154
- Куц В.В., Бышкин А.С., Разумов М.С. Метод определения пределов упругости и
пропорциональности материалов для последующего сверления заготовок в напряженно
деформированном состоянии..... 164
- Петров С.П., Подмастерьев К.В., Пилипенко А.В., Маркин Н.И., Никитенко О.С. Методы
контроля и управления тепловым и гидравлическим режимами индивидуальных
тепловых пунктов зданий..... 171

Editorial Committee

Editor-in-chief

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

Editor-in-chief Assistants:

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

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

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

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

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

Member of editorial board:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Li 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)

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

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

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

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

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

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

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

Executive secretary:

Tyukhta A.V. Candidate Sc. Tech.

Address

302030 Orel, Moskovskaya ul., 34

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

http://oreluniver.ru

E-mail: radsu@rambler.ru

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

Index on the catalogue of the
«Pressa Rossii» 29504

© Orel State University, 2020

Contents

Theoretical mechanics and its applications

- Korneyev A.Yu., Sytin A.V., Kuzavka A.V., Mishchenko E.V. The mathematical model of calculation of the thrust conical foil bearings 3

Mechanics of deformable solids, dynamics and strength

- Nemenko A.V., Nikitin M.M. Application of elastic deformations to paraboloidal surface making 11

Machine-building technologies and equipment

- Serezhkin M.A., Klimyuk D.O., Plokhikh A.I. Application of 3d printing technology for rapid tooling in sheet metal forming 20
- Kharchenko A.O., Bratan S.M., Vladetskaya E.A. Improvement of machine equipment for precision processing of parts in floating workshops 31
- Novikov A.D., Tarapanov A.S., Selemenev M.F. Mechanism for increasing durability of threaded when using nano-coatings 39
- Yatsun E.I., Zubkova O.S., Gordeykov A.V., Zubkov D.A. Increasing the dynamic rigidity of boring bars 45
- Barsukov G.V., Stepanov Yu.S., Kozhus O.G., Zhuravleva T.A. Optimization of parameters of equipment components for hydroabrasive cutting, providing increasing treatment efficiency 50
- Dologlonyan A.V., Matviinko V.T. Degree of regeneration optimization for cycles of microgas turbine plants 59

Machine Science and Mechatronics

- Kornaev A.V., Stebakov I.N., Popov S.G., Kazakov Yu.N. Calculation of the mobile device of the building robot for sustainability 67
- Polyakov R.N., Gorin A.V., Zaretskiy R.K., Tokmakov N.V. Active vibration protection based on the mechatronic system 76
- Fetisov A.S., Tyurin V.O. Magnetoreological journal bearing: experimental results 83
- Shutin D.V., Malakhov A.V., Romanov V.V. Theoretical bases of sustainability of mobile building robot 91
- Abduln R.R., Podshibnev V.A., Samsonovich S.L. Research of torsional stiffness of harmonic gear with intermediate rolling bodies 95
- Savin L.A., Bychkov M.V., Kozyrev D.L., Marakhin N.A. Loci of rotors with controllable elastic and damping supports 105

Devices, biotechnical systems and technologies

- Zhidkov A.V., Makarov A.A., Podmasteryev K.V., Zhiltsov M.P., Chekmareva D.E. Analysis of predictors of epileptic seizures 112
- Evsikov A.A., Kokovin V.A., Leonov A.P. On peculiarities of the structure and tuning of domestic servo drives with vector control 122
- Kozlov I.O. Review of approaches to description of light scattering in biological tissue 131

Monitoring, Diagnostics, Testing and Quality Management

- Ivanov Yu.N., Davydova N.V., Remizov Yu.A., Medoyev V.E. Model and algorithm for prediction of quality indicators of military communication equipment using neural network 140
- Sukhanova M.V., Bondareva L.A. Substantiation of optimum wavelength choice for functional diagnosis of plants using an optical method in the conditions of insufficient moisture 146
- Anikeeva O.V., Ivakhnenko A.G., Storablev M.L. Verification of a linear quality dynamic model in the study of purposeful activity of an industrial enterprise 154
- Kuts V.V., Byshkin A.S., Razumov M.S. Method for determining the limits of elasticity and proportionality of materials for subsequent drilling of workpieces in the stress-strain state 164
- Petrov S.P., Podmasteryev K.V., Pilipenko A.V., Markin N.I., Nikitenko O.S. Methods of control and management of thermal and hydraulic modes thermal points of buildings 171

А.Ю. КОРНЕЕВ, А.В. СЫТИН, А.В. КУЗАВКА, Е.В. МИЩЕНКО

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА УПОРНЫХ КОНИЧЕСКИХ ЛЕПЕСТКОВЫХ ПОДШИПНИКОВ

Аннотация. Рассмотрен вопрос создания единой методики расчета упорной и конической части комбинированного упорного конического лепесткового подшипника. Предложен математический аппарат расчета турбулентного течения смазочного материала в комбинированном лепестковом подшипнике. Представлены расчетные схемы подшипника и лепестка, функция зазора в смазочном слое подшипника, модифицированное уравнение Рейнольдса и уравнение деформаций упругих элементов.

Ключевые слова: конический лепестковый подшипник, упорный лепестковый подшипник, модифицированное уравнение Рейнольдса, уравнение Софи Жермен, вертикальные опоры, осевые нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сережкина, Л.П. Осевые подшипники мощных паровых турбин / Л.П. Сережкина, Е.И. Зарецкий. – М.: Машиностроение, 1988. – 176 с.: ил.
2. Н.А. Спицын, Опоры осей и валов машин и приборов / Н.А. Спицын. – М.: Машиностроение, 1970. – 520 с.
3. С.А. Герасимов, Влияние демпфирования и параметров осевых совмещенных опор на динамику роторов: дисс.... канд. техн. наук: 01.02.06 / Герасимов Сергей Анатольевич; Орел, 2011. – 170 с.
4. А.В. Сытин, Лепестковые газодинамические подшипники: применение и технические решения: монография / А.В. Сытин, Л.А. Савин; Орел: ОГУ, 2016. – 196 с.
5. Патент USA, № 4178046, Int. C1 F16C 17/00. Foil bearing. Alexander Silver and James R. Wenban. Appl. No 689,619; 24.05.1979.
6. 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.
7. Патент USA, № 7056025, Int. C1 F16C 32/06. Foil bearing. Hidehiko Nakata. Appl. No.: 10/815,937; 06.06.2006.
8. 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.
9. 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 с.
10. Х. М. Муштари, Об устойчивости тонкостенных конических оболочек круглого сечения при кручении парами / Х. М. Муштари. – Сборник научных трудов КАИ. – Казань: Издательство Казанского авиационного института, 1935. – С. 39–40.
11. Костылев В. В. К вопросу расчета динамической прочности тонких конических оболочек // Исследования по теории пластин и оболочек, 1966. – Вып. 4. – с. 336 – 341.
12. Костылев В. В. Устойчивость круговых конических оболочек под действием динамического внешнего давления // Исследования по теории пластин и оболочек, 1967. – Вып. 5. – с. 480 – 493.
13. 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.
14. Токарь И.Я. Проектирование и расчет опор трения. М.: Машиностроение, 1971. – 168 с.
15. 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.
16. 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
E-mail: korneev_andrey@mail.ru

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

Кузавка Александр Валерьевич
ФГБОУ ВО «Орловский государственный
университет имени И.С. Тургенева»
302040, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
Аспирант кафедры мехатроники, механики
и робототехники
Тел. 8 (4862) 41–98–85
E-mail: kuzavka.net@mail.ru

Мищенко Елена Владимировна
ФГБОУ ВО «Орловский государственный
аграрный университет имени Н.В. Парахина»
302020, г. Орел, ул. Генерала Родина, 69
Кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой
инженерной графики и механики
Тел. 8–953–623–22–45
E-mail: art_lena@inbox.ru

A.Yu. KORNEYEV, A.V. SYTIN, A.V. KUZAVKA, E.V. MISHCHENKO

THE MATHEMATICAL MODEL OF CALCULATION OF THE THRUST CONICAL FOIL BEARINGS

Abstract. *The question of creating a unified method of calculation for the thrust and conical part of the combined thrust conical foil bearings. Mathematical model for calculating the turbulent flow of a lubricant in the conical and thrust parts of foil bearings. The design of the bearing and foil, the function of the gap in the lubricant layer of the bearing, the Reynolds equation and the equation of deformations of elastic elements are presented.*

Keywords: *conical foil bearing, thrust foil bearing, Reynold equation, Sophie Germain equation, vertical bearing, thrust loads.*

BIBLIOGRAPHY

1. Serezhkina, L.P. Osevyeye podshipniki moshchnykh parovykh turbin / L.P. Serezhkina, Ye.I. Zaretskiy. – M.: Mashinostroyeniye, 1988. – 176 s.: il.
2. N.A. Spitsyn, Opor y osey i valov mashin i priborov / N.A. Spitsyn. – M.: Mashinostroyeniye, 1970. – 520 s.
3. S.A. Gerasimov, Vliyaniye dempfirovaniya i parametrov osevykh sovmeshchennykh opor na dinamiku rotorov: diss.... kand. tekhn. nauk: 01.02.06 / Gerasimov Sergey Anatolyevich; Orel, 2011. – 170 s.
4. A.V. Sytin, Lepetkovyye gazodinamicheskiye podshipniki: primeneniye i tekhnicheskiye resheniya: monografiya / A.V. Sytin, L.A. Savin; Orel: OGU, 2016. – 196 s.
5. Patent USA, № 4178046, Int. C1 F16S 17/00. Foil bearing. Alexander Silver and James R. Wenban. Appl. No 689,619; 24.05.1979.
6. 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.
7. Patent USA, № 7056025, Int. C1 F16S 32/06. Foil bearing. Hidehiko Nakata. Appl. No.: 10/815,937; 06.06.2006.
8. Konicheskiy lepestkovyy podshipnik skolzheniya Patent na izobreteniyе № 2437005. Zaregistririvan v Gosudarstvennom reyestre izobreteniy RF 20.12.2011 g. Savin L.A., Korneyev A.YU., Sytin A.V., Yaroslavl'tsev M.M.
9. Ovcharov A.A., Brylev I.S. Matematicheskaya model deformirovaniya nelineynoy uprugikh podkreplennykh konicheskikh obolochek pri dinamicheskom nagruzhении // Inzhenernyy vestnik Dona, 2014. – Vyp. 5. – T. 29 s.
10. KH. M. Mushtari, Ob ustoychivosti tonkostennykh konicheskikh obolochek kruglogo secheniya pri kruchenii parami / KH. M. Mushtari. – Sbornik nauchnykh trudov KAI. – Kazan: Izdatel'stvo Kazanskogo aviatsionnogo instituta, 1935. – S. 39–40.
11. Kostylev V. V. K voprosu rascheta dinamicheskoy prochnosti tonkikh konicheskikh obolochek // Issledovaniya po teorii plastin i obolochek, 1966. – Vyp. 4. – s. 336 – 341.
12. Kostylev V. V. Ustoychivost krugovykh konicheskikh obolochek pod deystviyem dinamicheskogo vneshnego davleniya // Issledovaniya po teorii plastin i obolochek, 1967. – Vyp. 5. – s. 480 – 493.
13. 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.
14. Tokar I.YA. Proyektirovaniye i raschet opor treniya. M.: Mashinostroyeniye, 1971. – 168 s.
15. 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.
16. Korneyev A.YU., Savin L.A., Solomin O.V. Konicheskiye podshipniki zhidkostnogo treniya: monografiya. M.: Mashinostroyeniye–1, 2008. – 172 s.

Korneev Andrey Yurievich
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

Kuzavka Alexander Valerievich
Orel State University named after I.S. Turgenev,

Sytin Anton Valerevich
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

Mishchenko Elena Vladimirovna
Orel State Agrarian University named after N.V.
Parakhin,

phd student of department of Mechatronics, Mechanics
and Robotics
302020, Orel, Naugorskoe highway, 29
Tel. (4862) 41–98–85
E–mail: kuzavka.net@mail.ru

candidate of technical sciences, assistant professor,
head of department of engineering graphics and
mechanics
302020, Orel, Generala Rodina street, 69
Tel. 8–953–623–22–45
E–mail: art_lena@inbox.ru

МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА, ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ

УДК 539.37

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-11-19

А.В. НЕМЕНКО, М.М. НИКИТИН

ПРИМЕНЕНИЕ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ К ФОРМООБРАЗОВАНИЮ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ЗЕРКАЛА

Аннотация. Рассмотрено преобразование сферического вогнутого зеркала в параболическое с помощью применения деформаций упругого изгиба. Определены величина и направление нагрузки, создающей необходимый изгиб для преобразования зеркала с заданными параметрами. Неравномерный съём материала при механической обработке заменяется изгибом уже полученной оптически точной сферической поверхности. Рассмотрено применение полученных результатов к созданию активной системы управления формообразованием поверхности параболоида вращения. Предлагаемая технология финишной обработки направлена на решение проблемы гарантированного получения оптически точной поверхности параболического зеркала.

Ключевые слова: параболическое зеркало, сферическое зеркало, преобразование поверхности, упругие деформации, стрелка прогиба

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dybdal E. Communication satellite antennas/McGraw–Hill Education, 2009. – 340 p.
2. Алешин Б.С. Оптические приборы наблюдения, обработки и распознавания объектов в сложных условиях// Б.С. Алешин, А.В. Бондаренко, В.Г. Волков, Э.С. Дрaб, Л.М. Цибулькин// М.: Государственный научно–исследовательский институт авиационных систем, 1999. – 140 с.
3. Максutow Д.Д. Астрономическая оптика/ Д.Д. Максutow// Л.: Наука, 1979 – 395с.
- 4 Каширин В.И. Основы формообразования оптических поверхностей: курс лекций / В.И. Каширин// Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2006.
5. Roddier F. Adaptive optics in astronomy/ Cambridge University Press, 2004. – 420 p
- 6.Leverington D. Observatories and Telescopes of Modern Times: Ground–Based Optical and Radio Astronomy Facilities since 1945/Cambridge University Press, 2017. – 504 p.
7. Справочник по строительной механике корабля./Бойцов Г.В., Палий О.М., Постнов В.А., Чувиковский В.С. – В трех томах. Том 2. Пластины. Теория упругости, пластичности и ползучести. Численные методы. – Л.: Судостроение, 1982г. – 464 с.
8. Хромов В.Г. Оптимизация кольцевой разгрузки при изготовлении деталей с поверхностями второго порядка/В.Г. Хромов, А.В. Неменко, М.М. Никитин//Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Оrel, 2019. №4–2(336), с. 4 – 11.

Неменко Александра Васильевна
ФГАОУ «Севастопольский государственный
университет», г. Севастополь
Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Техническая механика и машиноведение»
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
Тел. +79788330519
E–mail: valesan@list.ru

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

A.V. NEMENKO, M.M. NIKITIN

APPLICATION OF ELASTIC DEFORMATIONS TO PARABOLOIDAL SURFACE MAKING

Abstract. *The transformation of a spherical concave mirror into a parabolic one with the help of elastic bending deformations is considered. The magnitude and direction of the load, which creates the necessary bend for transforming the mirror with the given parameters, are determined. Uneven material removal during machining is replaced by the bend of an optically accurate spherical surface already obtained. The application of the results to the creation of an active control system for the shaping of the surface of a paraboloid of rotation is considered. The proposed finishing technology is aimed at solving the problem of guaranteed obtaining optically accurate surface of a parabolic mirror.*

Keywords: *parabolic mirror, solar concentrator, weight strain, adaptive optics.*

BIBLIOGRAPHY

1. Dybdal E. Communication satellite antennas/McGraw–Hill Education, 2009. – 340 p.
2. Aleshin B.S. Opticheskiye pribory nablyudeniya, obrabotki i raspoznavaniya ob'yektov v slozhnykh usloviyakh// B.S. Aleshin, A.V. Bondarenko, V.G. Volkov, E.S. Drab, L.M. Tsibulkin// M.: Gosudarstvennyy nauchno–issledovatel'skiy institut aviatsionnykh sistem, 1999. – 140 s.
3. Maksutov D.D. Astronomicheskaya optika/ D.D. Maksutov// L.: Nauka, 1979 – 395s.
4. Kashirin V.I. Osnovy formoobrazovaniya opticheskikh poverkhnostey: kurs lektsiy / V.I. Kashirin// Yekaterinburg: GOU VPO UGTU – UPI, 2006.
5. Roddier F. Adaptive optics in astronomy/ Cambridge University Press, 2004. – 420 p
6. Leverington D. Observatories and Telescopes of Modern Times: Ground–Based Optical and Radio Astronomy Facilities since 1945/Cambridge University Press, 2017. – 504 p.
7. Spravochnik po stroitel'noy mekhanike korablya./Boytsov G.V., Paliy O.M., Postnov V.A., Chuvikovskiy V.S. – V trekh tomakh. Tom 2. Plastiny. Teoriya uprugosti, plastichnosti i polzuchesti. Chislennyye metody. – L.: Sudostroyeniye, 1982g. – 464 s.
8. Khromov V.G. Optimizatsiya koltsevoy razgruzki pri izgotovlenii detaley s poverkhnostyami vtorogo poryadka/V.G. Khromov, A.V. Nemenko, M.M. Nikitin//Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – Orel, 2019. №4–2(336), s. 4 – 11.

Nemenko Alexandra Vasilievna

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

Nikitin Mikhail Mikhailovich

FSAEI HE Sevastopol State University, Sevastopol
Post–graduate student of chair «Higher Mathematics »
Universitetskayast, 33, Sevastopol, Russian Federation,
299053
Phone +79788150316
E–mail: m.nikitin.1979@gmail.com

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 621.7.043

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-20-30

М.А. СЕРЕЖКИН, Д.О. КЛИМЮК, А.И. ПЛОХИХ

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D–ПЕЧАТИ ДЛЯ БЫСТРОГО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ОБЛАСТИ ХОЛОДНОЙ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

Аннотация. *В статье рассмотрен метод FDM 3D–печати как альтернативный способ изготовления деталей штампов для нужд реновационного, единичного и экспериментального производства. Выявлена основная проблема применения данной технологии для производства деталей штампов. Предложено использования способа математического моделирования зависимости прочности 3D–печатного материала от параметров печати. С помощью экспертных методов исследования выявлены наиболее сильно влияющие на прочность изделий параметры печати для проведения дальнейших экспериментов. Разработана и опробована методика испытания 3D–печатных материалов на прочность.*

Ключевые слова: штамповая оснастка, быстрое инструментальное производство, FDM, 3D-печать, параметры печати, прочность, математическое моделирование, многофакторный эксперимент.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кононов И.Ю., Аксенов Л.Б. Моделирование процессов горячей объемной штамповки на основе применения 3D-принтера // Научный форум с международным участием «Неделя науки СПбПУ»: материалы научно-практической конференции. Институт металлургии, машиностроения и транспорта СПбПУ. Ч. 2. – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2015, стр. 133–135; 2. Durgun, I. Sheet metal forming using FDM rapid prototype tool. Rapid Prototyping Journal, 2015, 21(4), 412–422.
3. The jaw-dropping perks of 3d printed press brake tooling // CI Stories. URL: <https://www.e-ci.com/ci-stories/2019/5/24/the-jaw-dropping-perks-of-3d-printed-press-brake-tooling> (accessed: 30.11.2019)
4. 3D printed press brake forming tools // Proto G. URL: <https://www.instructables.com/id/3D-Printed-Press-Brake-Forming-Tools/> (accessed: 30.11.2019)
5. Naotaka Nakamura, Ken-ichiro Mori, Fumie Abe, Yohei Abe Bending of sheet metals using plastic tools made with 3D printer. 17th International Conference on Metal Forming, Metal Forming 2018, 16–19 September 2018, Toyohashi, Japan.
6. Ковка и штамповка: Справочник: В 4 т. Т. 4. Листовая штамповка / Под общ. ред. С.С. Яковлева; ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2010. 732 с.
7. Mohamed, O.A., Masood, S.H. & Bhowmik, Optimization of fused deposition modeling process parameters: a review of current research and future prospects // J.L. Adv. Manuf. (2015) 3: 42. <https://doi.org/10.1007/s40436-014-0097-7>.
8. Mario Bunge, "A General Black Box Theory," Philosophy of Science 30, no. 4 (Oct., 1963): 346–358.
9. Anand, K., Shrivastava, R., Tamilmannan, K. et al. A comparative study of Artificial Neural Network and Response Surface Methodology for optimization of friction welding of Incoloy 800 H // Acta Metall. Sin. (Engl. Lett.), 2015, 28: 892. <https://doi.org/10.1007/s40195-015-0273-1>.
10. Юдин, Ю.В. Организация и математическое планирование эксперимента: учебное пособие / Ю.В. Юдин, М.В. Майсурадзе, Ф.В. Водолазский. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 124 с.
11. Григоренко Г. Д., Евсюков С. А. Влияние параметров печати на прочность деталей штампов, изготовленных методом послойного наплавления полимера // Заготовительные производства в машиностроении. 2017.– Т. 15, № 4. – С. 177 – 181; 12. Sung-Hoon Ahn, Michael Montero, Dan Odell, Shad Roundy, Paul K. Wright Anisotropic material properties of fused deposition modeling ABS // Rapid Prototyping Journal, 2002. ISSN: 1355–2546.
13. Diana Popescu, Aurelian Zapciu, Catalin Amza, Florin Baci, Rodica Marinescu, FDM process parameters influence over the mechanical properties of polymer specimens: A review. Polymer Testing, Volume 69, 2018, Pages 157–166, ISSN 0142–9418, <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2018.05.020>.
14. J. Mueller, K. Shea, C. Daraio. Mechanical properties of parts fabricated with inkjet 3D printing through efficient experimental design // Materials & Design, Volume 86, 2015, Pages 902–912, ISSN 0264–1275, <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.07.129>.
15. ASTM D695–15, Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.
16. ASTM D618–13, Standard Practice for Conditioning Plastics for Testing, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.
17. Mohamed, O.A., Masood, S.H. & Bhowmik, Optimization of fused deposition modeling process parameters: a review of current research and future prospects // J.L. Adv. Manuf. (2015) 3: 42. <https://doi.org/10.1007/s40436-014-0097-7>.

Климюк Даниил Олегович
Московский государственный
технический университет им.
Н.Э. Баумана
Магистрант, кафедра
«Технология обработки
материалов»
105005, Москва, 2-я
Бауманская ул., 5, стр.1
Тел.: +7 (499) 267-00-96
E-mail: mt13@bmstu.ru

Сережкин Михаил Александрович
Московский государственный
технический университет им. Н.Э.
Баумана
Кандидат технических наук, доцент
кафедры «Технология обработки
материалов»
105005, Москва, 2-я Бауманская ул.,
5, стр.1
Тел.: +7 (499) 267-00-96
E-mail: serezhkin@bmstu.ru

Плоких Андрей Иванович
Московский государственный
технический университет им. Н.Э.
Баумана
Кандидат технических наук,
доцент кафедры
«Материаловедение»
105005, Москва, 2-я Бауманская
ул., 5, стр.1
Тел.: +7 (499) 267-00-96
E-mail: plokhikh@bmstu.ru

APPLICATION OF 3D PRINTING TECHNOLOGY FOR RAPID TOOLING IN SHEET METAL FORMING

Abstract. *The article presents the study of the application of 3D printing technology for rapid tooling in sheet metal forming for custom or small-lot manufacturing. The main issue of the usage of 3D printing technology for die tooling was discovered. It is proposed to use the method of mathematical modelling to investigate how the printing parameters affect the compressive strength of FDM 3D-printed parts. Using expert research methods, the printing parameters most strongly affecting the strength of products were identified for further experiments. A method for testing the strength of 3D-printed materials has been developed and tested.*

Keywords: *die tooling, rapid tooling, FDM, 3D printing, printing parameters, strength, mathematical modelling, design of experiments.*

BIBLIOGRAPHY

1. Kononov I.Yu., Aksenov L.B. Modelirovanie processov goryachey obemnoy shtampovki na osnove primeneniya 3D-printera // Nauchnyy forum s mezhdunarodnym uchastiem «Nedelya nauki SPbPU»: materialy nauchno-prakticheskoy konferencii. Institut metallurgii, mashinostroeniya i transporta SPbPU. Ch. 2. – Spb.: Izd-vo Politehn. Un-ta, 2015, str. 133–135;
2. Durgun, I. Sheet metal forming using FDM rapid prototype tool. Rapid Prototyping Journal, 2015, 21(4), 412–422.
3. The jaw-dropping perks of 3d printed press brake tooling // CI Stories. URL: <https://www.e-ci.com/ci-stories/2019/5/24/the-jaw-dropping-perks-of-3d-printed-press-brake-tooling> (accessed: 30.11.2019)
4. 3D printed press brake forming tools // Proto G. URL: <https://www.instructables.com/id/3D-Printed-Press-Brake-Forming-Tools/> (accessed: 30.11.2019)
5. Naotaka Nakamura, Ken-ichiro Mori, Fumie Abe, Yohei Abe Bending of sheet metals using plastic tools made with 3D printer. 17th International Conference on Metal Forming, Metal Forming 2018, 16–19 September 2018, Toyohashi, Japan.
6. Kovka i shtampovka: Spravochnik: V 4 t. T. 4. Listovaya shtampovka / Pod obshch. red. S.S. Yakovleva; red. sovet: E.I. Semenov (pred.) i dr. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Mashinostroyeniye, 2010. 732 s.
7. Mohamed, O.A., Masood, S.H. & Bhowmik, Optimization of fused deposition modeling process parameters: a review of current research and future prospects // J.L. Adv. Manuf. (2015) 3: 42. <https://doi.org/10.1007/s40436-014-0097-7>.
8. Mario Bunge, "A General Black Box Theory," Philosophy of Science 30, no. 4 (Oct., 1963): 346–358.
9. Anand, K., Shrivastava, R., Tamilmannan, K. et al. A comparative study of Artificial Neural Network and Response Surface Methodology for optimization of friction welding of Incoloy 800 H // Acta Metall. Sin. (Engl. Lett.), 2015, 28: 892. <https://doi.org/10.1007/s40195-015-0273-1>.
10. Yudin, Y.V. Organizatsiya i matematicheskoe planirovanie eksperimenta: uchebnoe posobie / Y.V. Yudin, M.V. Maysuradze, F.V. Vodolazskiy. – Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2018. – 124 s.
11. Grigorenko G. D., Evsyukov S. A. Vliyanie parametrov pechati na prochnost detaley shtampov, izgotovlennykh metodom posloynogo naplavljeniya polimera // Zagotovitelnye proizvodstva v mashinostroyenii. 2017.– T. 15, № 4. – S. 177 – 181.
12. Sung-Hoon Ahn, Michael Montero, Dan Odell, Shad Roundy, Paul K. Wright Anisotropic material properties of fused deposition modeling ABS // Rapid Prototyping Journal, 2002. ISSN: 1355–2546.
13. Diana Popescu, Aurelian Zapciu, Catalin Amza, Florin Baci, Rodica Marinescu, FDM process parameters influence over the mechanical properties of polymer specimens: A review. Polymer Testing, Volume 69, 2018, Pages 157–166, ISSN 0142–9418, <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2018.05.020>.
14. J. Mueller, K. Shea, C. Daraio. Mechanical properties of parts fabricated with inkjet 3D printing through efficient experimental design // Materials & Design, Volume 86, 2015, Pages 902–912, ISSN 0264–1275, <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.07.129>.
15. ASTM D695–15, Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.
16. ASTM D618–13, Standard Practice for Conditioning Plastics for Testing, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.
17. Mohamed, O.A., Masood, S.H. & Bhowmik, Optimization of fused deposition modeling process parameters: a review of current research and future prospects // J.L. Adv. Manuf. (2015) 3: 42. <https://doi.org/10.1007/s40436-014-0097-7>.

Klimyuk Daniil Olegovich
Bauman Moscow State Technical
University
Student of Department «Technology of
material working»

Serezhkin Mikhail Alexandrovich
Bauman Moscow State Technical
University

Plokhikh Andrey Ivanovich
Bauman Moscow State Technical
University

105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya,
5
Tel.: +7 (499) 267-00-96
E-mail: mt13@bmstu.ru

Candidate of Tech. Science,
Professor of Department
«Technology of material working»
105005, Moscow, 2-ya
Baumanskaya, 5
Tel.: +7 (499) 267-00-96
E-mail: serezhkin@bmstu.ru

Candidate of Tech. Science,
Professor of Department «Material
Engineering»
105005, Moscow, 2-ya
Baumanskaya, 5
Tel.: +7 (499) 267-00-96
E-mail: plokhikh@bmstu.ru

УДК 621.9–219.1–752

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-31-38

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ В ПЛАВУЧИХ МАСТЕРСКИХ

Аннотация. В статье рассмотрены результаты исследований и разработок в направлении совершенствования станочного оборудования для прецизионной обработки деталей в условиях плавучих мастерских путем повышения виброустойчивости технологической системы и снижения вредных воздействий от внешней среды (морского волнения) и соседнего работающего оборудования. Традиционные виброизолирующие опоры станков невозможно использовать на плавучих мастерских по причине потери ими функционирования в условиях качки плавучего основания и горизонтальных смещений под ее воздействием. Описаны новые эффективные варианты конструкций устройства виброзащиты прецизионных станков и опоры с активной виброизоляцией, позволяющие обеспечить автоматическое управление демпфированием виброизолирующей опоры станка при внешних воздействиях.

Ключевые слова: плавучая мастерская, станок для прецизионной обработки, виброзащита, активная виброизоляция, механо-гидравлическая опора, магнитореологическая жидкость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проников А.С. Металлорежущие станки и автоматы / А.С. Проников. – М.: Машиностроение, 1976. – 167 с.
2. Проников А.С. Точность и надежность станков с числовым программным управлением / А.С. Проников. – М.: Машиностроение, 1982. – 246 с.
3. Металлорежущие станки: в 2 т. / [Ачеркан Н.С., Гаврюшин А.А., Ермаков В.В. и др.]; под ред. Н.С. Ачеркана. [2-е изд.] – М.: Машиностроение, 1965. – 2 т. – 628 с.
4. Фундаменты и виброизолирующие опоры станков. Динамические расчеты установки станков на фундаментах и виброизолирующих опорах по заданным относительным перемещениям инструмента и изделия. Руководящие материалы. – М.: ЭНИМС, 1985. – 584 с.
5. Владецька К.О., Харченко А.О., Братан С.М. та ін. Пристрій автоматичного віброзахисту металорізального верстата // Патент України 94200, 2014, Бюл. №21.
6. Владецька Е.А., Харченко А.О., Братан С.М. и др. Устройство автоматической виброзащиты металлорежущего станка // Патент России RU 158629 U1, 2016, Бюл. №2.
7. Харченко А.О., Владецька К.О., Братан С.М., Владецький Д.О. Віброізолюючий пристрій металорізального верстата плавучої майстерні // Патент України 51621, 2010, Бюл. №14.
8. Владецька К.О., Харченко А.О., Братан С.М. та ін. Опора металорізального верстата з активною віброізоляцією // Патент України 94199, 2014, Бюл. №21.
9. Владецька Е.А., Харченко А.О., Братан С.М. и др. Опора металлорежущего станка с активной виброизоляцией // Патент России RU 159415 U1, 2016, Бюл. №4.
10. Братан С.М. Обеспечение качества деталей при круглом шлифовании в условиях плавучих мастерских / С.М. Братан, А.О. Харченко, Е.А. Владецькая // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2018. – Т. 22, № 12 (143). – С. 21–34.
11. Братан С.М. Анализ и синтез системы виброизоляции шлифовального станка с учетом эксплуатационной надежности ее элементов / С.М. Братан, А.О. Харченко, Е.А. Владецькая // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2019. – Том 21, №1. – С. 35–49. doi: 10.17212/1994-6309-2019-21.1-35-49.
12. Братан С.М. Повышение качества деталей при шлифовании в условиях плавучих мастерских: монография/ С.М. Братан, Е.А. Владецькая, Д.О. Владецький, А.О. Харченко. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2018. – 154 с.

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

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

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

IMPROVEMENT OF MACHINE EQUIPMENT FOR PRECISION PROCESSING OF PARTS IN FLOATING WORKSHOPS

Abstract. *The article discusses the results of research and development in the direction of improving machine equipment for precision machining of parts in the conditions of floating workshops by increasing the vibration resistance of the technological system and reducing the harmful effects of the external environment (sea waves) and neighboring operating equipment. The traditional vibration-isolating supports of the machines cannot be used at floating workshops due to their loss of functioning under the rolling pitch of the floating base and horizontal displacements under its influence. New effective design variants of the vibration protection device of precision machine tools and supports with active vibration isolation are described, which allow automatic control of the damping of the machine vibration-isolating support under external influences.*

Keywords: *floating workshop, machine for precision processing, vibration protection, active vibration isolation, mechano-hydraulic support, magnetorheological fluid.*

BIBLIOGRAPHY

1. Pronikov A.S. *Metallorazhreshchiye stanki i avtomaty (Metal-cutting machines and automatic machines)* / A.S. Pronikov. – M.: Mashinostroyeniye, 1976. – 167 s.
2. Pronikov A.S. *Tochnost i nadezhnost stankov s chislovym programmnyim upravleniyem (The accuracy and reliability of numerically controlled machines)* / A.S. Pronikov. – M.: Mashinostroyeniye, 1982. – 246 s.
3. *Metallorazhreshchiye stanki: v 2 t. (Metal-cutting machines)* / [Acherkan N.S., Gavryushin A.A., Yermakov V.V. i dr.]; pod red. N.S. Acherkana. [2-ye izd.] – M.: Mashinostroyeniye, 1965. – 2 t. – 628 s.
4. *Fundamenty i vibroizoliruyushchiye opory stankov (Foundations and vibration isolating machine supports). Dinamicheskiye raschety ustanovki stankov na fundamentakh i vibroizoliruyushchikh oporakh po zadannym otnositelnym peremeshcheniyam instrumenta i izdeliya. Rukovodiyashchiye materialy.* – M.: ENIMS, 1985. – 584 s.
5. Vladets'ka K.O., Kharchenko A.O., Bratan S.M. ta in. *Prystriy avtomatichnoho vibrozakhystu metalorizal'noho verstata (Device for automatic vibration protection of a metal-cutting machine)* // Patent Ukrainy 94200, 2014, Byul. №21.
6. Vladetskaya Ye.A., Kharchenko A.O., Bratan S.M. i dr. *Ustroystvo avtomaticheskoy vibrozashchity metallorazhreshchego stanka (Device for automatic vibration protection of a metal cutting machine)* // Patent Rossii RU 158629 U1, 2016, Byul. №2.
7. Kharchenko A.O., Vladets'ka K.O., Bratan S.M., Vladets'kyy D.O. *Vibroizolyuyuchy prystriy metalorizal'noho verstata plavuchoyi maysterni (Vibrating isolation device of a metal-cutting machine floating workshop)* // Patent Ukrainy 51621, 2010, Byul. №14.
8. Vladets'ka K.O., Kharchenko A.O., Bratan S.M. ta in. *Opory metalorizal'noho verstata z aktivnoyu vibroizolyatsiyeyu (Support of metal-cutting machine with active vibration isolation)* // Patent Ukrainy 94199, 2014, Byul. №21.
9. Vladetskaya Ye.A., Kharchenko A.O., Bratan S.M. i dr. *Opory metallorazhreshchego stanka s aktivnoyu vibroizolyatsiyey (Support of a metal cutting machine with active vibration isolation)* // Patent Rossii RU 159415 U1, 2016, Byul. №4.
10. Bratan S.M. *Obespecheniye kachestva detaley pri kruglom shlifovanii v usloviyakh plavuchikh masterskikh (Quality assurance of parts during circular grinding in the conditions of floating workshops)* / S.M. Bratan, A.O.

Kharchenko, Ye.A. Vladetskaya // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2018. – Т. 22, № 12 (143). – С. 21–34.

11 Bratan S.M. Analiz i sintez sistemy vibroizolyatsii shlifovalnogo stanka s uchetom ekspluatatsionnoy nadezhnosti yeye elementov (*Analysis and synthesis of the vibration isolation system of a grinding machine, taking into account the operational reliability of its elements*) / S.M. Bratan, A.O. Kharchenko, Ye.A. Vladetskaya // Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovaniye, instrumenty). 2019. – Tom 21, №1. – С. 35–49. doi: 10,17212/1994–6309–2019–21.1–35–49.

12. Bratan S.M. Povysheniye kachestva detaley pri shlifovanii v usloviyakh plavuchikh masterskikh: monografiya (*Improving the quality of parts during grinding in the conditions of floating workshops*) / S.M. Bratan, Ye.A. Vladetskaya, D.O. Vladetskiy, A.O. Kharchenko. – М.: Vuzovskiy uchebnyk: INFRA–М, 2018. – 154 s.

Kharchenko Alexander Olegovich

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

Bratan Sergey Mikhaylovich

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

Vladetskaya Ekaterina Aleksandrovna

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

УДК 621.9

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-39-44

А.Д. НОВИКОВ, А.С. ТАРАПАНОВ, М.Ф. СЕЛЕМЕНЕВ

МЕХАНИЗМ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ РАСКАТНИКОВ РЕЗЬБЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НАНОПОКРЫТИЙ

Аннотация: Статья посвящена применению нанопокровтий для повышения стойкости раскатников. Показано, что эпиламирование является одним из наиболее эффективных способов повышения стойкости инструмента. Приведено поведение масла на эпиламированной поверхности. Проведен анализ напряженного состояния металла при резьбовыдавлывании. Было установлено, что применение нанопокровтий позволяет существенно снизить максимальную температуру резания и соответственно повышает стойкость раскатника.

Ключевые слова: раскатник, эпиламирование, деформация, температурный анализ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Друянов Б.А., Непершин Р.И. Теория технологической пластичности. – М.: Машиностроение, 1990, 272 с.
2. Новиков А.Д., Тарапанов А.С., Селеменев М.Ф. Определение изменения напряженного состояния и температуры в зоне формообразования резьбы раскатыванием// Научно–практический рецензируемый журнал «Современные материалы, техника и технологии» №1 (22) 2019 год Юго-Западный государственный университет г. Курск, 2019. – С.39–44.
3. Киричек А.В., Звягина Е.А. Эпиламы и их применение при обработке осевым инструментом.// Известия Орел ГТУ. Серия Машиностроение. Приборостроение.// 2006. №3. С.26–30.
4. Полянсков Ю.В., В.П. Табаков, Тамаров А.П. Технологические Методы повышения износостойкости режущего инструмента и деталей машин. Учебное пособие. Ульяновск. УЛГУ. 1999. С.69
5. Гарбар И.И., Кисель А.С., Рябинин Н.А., Сапгир Е.Н. Природа и механизмы действия эпиламов при трении. I. Влияние эпиламирования на структуру и поверхностную энергию металла. Трение и износ 1990. Том 11. №5. С. 792–800
6. Маленко И.П., Маленко П.И. Исследование температур на дискретных контактах при трении скольжения со смазочным материалом // Вестник машиностроения №1. 2009. С.39 – 43.
7. Нагачева Т.И. Термоэлектрический метод определения температуры в зоне резания и влияние на результаты неоднородностей режущей кромки и поверхности обрабатываемого изделия. Известия Орел ГТУ, серия «Машиностроение. Приборостроение». 2004. №3. С.40–42

8. Новиков А.Д., Селеменев М.Ф., Селеменев К.Ф. Повышение энергоэффективности резьбонарезания при нанопокрывании рабочих поверхностей метчиков // XVI Международная научно–практическая конференция "ЭНЕРГО– И РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ – XXI ВЕК ").2018. – С.126–128.

Новиков Александр Дмитриевич
ОГУ имени И.С. Тургенева, г.Орел
Аспирант кафедры
«Машиностроения»
E–mail: sasha.waw@mail.ru

Тарапанов Александр Сергеевич
ОГУ имени И.С. Тургенева, г.Орел
Доктор технических наук,
профессор кафедры
«Машиностроение»
E–mail: tarapanov@rambler.ru

Селеменев Михаил Федорович
ОГУ имени И.С. Тургенева,
г.Орел
Кандидат технических наук,
доцент кафедры
«Машиностроение»
E–mail: Selemenев2007@yandex.ru

A.D. NOVIKOV, A.S. TARAPANOV, M.F. SELEMENEV

MECHANISM FOR INCREASING DURABILITY OF THREADED WHEN USING NANO–COATINGS

Abstract. *The article is devoted to the use of nanocoatings to increase the resistance of raskatnik. It has been shown that epilamination is one of the most effective ways to increase tool life. The behavior of oil on an epilaminated surface is given. The analysis of the stress state of the metal during threading. It was found that the use of nanocoatings can significantly reduce the maximum cutting temperature and, accordingly, increases the resistance of the raskatnik.*

Keywords: *raskatnik, epilamination, deformation, temperature analysis.*

BIBLIOGRAPHY

1. Druyanov B.A., Nepershin R.I. Teoriya tekhnologicheskoy plastichnosti. – M.: Mashinostroyeniye, 1990, 272 s.
2. Novikov A.D., Tarapanov A.S., Selemenев M.F. Opredeleniye izmeneniya napryazhennogo sostoyaniya i temperatury v zone formoobrazovaniya rezby raskatyvaniyem// Nauchno–prakticheskiy retsenziruyemyy zhurnal «Sovremennyye materialy, tekhnika i tekhnologii» №1 (22) 2019 god Yugo–Zapadnyy gosudarstvennyy universitet g. Kursk, 2019. – S.39–44.
3. Kirichek A.V., Zvyagina Ye.A. Epilamy i ikh primeneniye pri obrabotke osevyim instrumentom.// Izvestiya Orel GTU. Seriya Mashinostroyeniye. Priborostroyeniye.// 2006. №3. S.26–30.
4. Polyanskoy YU.V., V.P. Tabakov, Tamarov A.P. Tekhnologicheskiye Metody povysheniya iznosostoykosti rezhushchego instrumenta i detaley mashin. Uchebnoye posobiye. Ulyanovsk. ULGU. 1999. S.69
5. Garbar I.I., Kisel A.S., Ryabinin N.A., Sapgir Ye.N. Priroda i mekhanizmy deystviya epilamov pri trenii. I. Vliyaniye epilamirovaniya na strukturu i poverkhnostnuyu energiyu metalla. Treniye i iznos 1990. Tom 11. №5. C. 792–800.
6. Malenko I.P., Malenko P.I. Issledovaniye temperatur na diskretnykh kontaktakh pri trenii skolzheniya so smazochnym materialom // Vestnik mashinostroyeniya №1. 2009. S.39 – 43.
7. Nagacheva T.I. Termoelektricheskiy metod opredeleniya temperatury v zone rezaniya i vliyaniye na rezultaty neodnorodnostey rezhushchey kromki i poverkhnosti obrabatyvayemogo izdeliya. Izvestiya Orel GTU, seriya «Mashinostroyeniye. Priborostroyeniye». 2004. №3. S.40–42
8. Novikov A.D., Selemenев M.F., Selemenев K.F. Povyseniye energoeffektivnosti rezbonarezaniya pri nanopokrytii rabochikh poverkhnostey metchikov // XVI Mezhdunarodnaya nauchno–prakticheskaya konferentsiya " ENERGO– I RESURSOSBEREZHENIYE – XXI VEK ").2018. – S.126–128.

Novikov Aleksandr Dmitriyevich
Orel State University named after
I.S. Turgenev
Post–graduate of the Department
Machine Building
E–mail: sasha.waw@mail.ru

Tarapanov Aleksandr Sergeevich
Orel State University named after
I.S. Turgenev
Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department
Machine Building
E–mail: tarapanov@rambler.ru

Selemenев Mikhail Fedorovich
Orel State University named after
I.S. Turgenev
Candidate of Technical Sciences,
Docent of the Department Machine
Building
E–mail: Selemenев2007@yandex.ru

Е.И. ЯЦУН, О.С. ЗУБКОВА, А.В. ГОРДЕЙКОВ, Д.А. ЗУБКОВ

УВЕЛИЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЖЕСТКОСТИ РАСТОЧНЫХ ОПРАВОК

Аннотация. В статье представлена конструкция антивибрационной державки, применение которой при обработке материалов резанием позволит снизить уровень самогенерируемых колебаний, возникающих в инструментальных системах. Преимуществами державки является простота конструкции и установки демпфирующего элемента; возможность установки на державку режущих головок различных типов. В качестве примера рассмотрена возможность применения державки при растачивании отверстия тонкостенной детали. Приведен фрагмент чертежа детали и схема растачивания. Исследовано влияние условий обработки на отклонение инструмента от обрабатываемой поверхности. Построены графики зависимостей отклонения формообразующей точки от радиальной составляющей силы резания, вылета державки, диаметра державки, модуля упругости материала державки. Сделаны выводы о применимости подобных державок.

Ключевые слова: антивибрационная державка, растачивание, демпфирующее тело, упругий элемент, жесткость оправки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара/ Л.: Машиностроение, 1976. 320 с.
2. Вибрации в технике: Справочник в 6-ти т. Том 6/ Под ред. К.В.Фролова. // М.: Машиностроение, 1981.– 456 с.
3. Сирил М. Харрис, Чарльз И. Крид. Справочник по ударным нагрузкам. Сокр. пер. с англ. Н. А. Пэдуре. Л. Судостроение 1980. – 359 с.
4. Altintas Y. Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design/University Press// Engineering Books. © 2016. 379p.
5. Суслов А.Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей. – М.: Машиностроение, –1987. – 208 с.
6. Крутов В.И. и др. Техническая термодинамика. –М.: Высшая школа, 1991.–384 с.
7. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания. М.:Машиностроение, 1976, 274 с.
8. Тимирязев В.А., Кутин А.А., Гололобова А.А., Кареев Ю.А. Управление точностью и производительностью процессом механообработки на многоцелевых станках с ЧПУ – М.; МГТУ «СТАНКИН», 2013. – 50с.
9. Яцун, Е.И., Малыхин, В.В., Зубкова, О.С. и др. Инструментальное обеспечение процессов механической обработки твердыми сплавами и композитами: монография/ ЗАО «Университетская книга». Курск. 2016.
10. Яцун, Е.И. Антивибрационная державка /Зубкова, О.С., Карнаузов, И.С., Гордейков, А.В.//Сб. науч. трудов 8-й Межд. н.-практ. конф. «Современные материалы, техника и технологии». Юго-Западный государственный университет. 2019. № 2 (23). С. 80–90.
11. Yatsun, E.I. Stabilizing tool for intermittent turning of complex surfaces/Smirnov, I.M., Kudryashov, E.A., Khizhnyak, N.A., //Russian Engineering Research. 2019. Т. 39. № 2.С. 141–146.
12. Патент США № 3838936. ВильямТ.Кобб (младший). Настраиваемое демпфирующее устройство и способ его использования. Дизайн энд МэньюфэкчерингСолюшнз, Инк. (US). 1999.
13. Патент РФ №2298456. Корюкина Н. А.Расточной инструмент. 2007.
14. Патент РФ № 2621939. С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, Е.И. Яцун [и др.] Демпфирующий резец с управляемой жесткостью. 2017.

Яцун Елена Ивановна

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск
Кандидат технических наук, доцент кафедры машиностроительных технологий и оборудования 305040, г. Курск, ул 50 лет Октября, 94
Тел. (4712) 22–26–69
E-mail: el.yatsun@gmail.com

Зубкова Оксана Сергеевна

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск
Кандидат технических наук, доцент кафедры машиностроительных технологий и оборудования 305040, г. Курск, ул 50 лет Октября, 94
Тел. (4712) 22–26–69
E-mail: zubkova-oksana@bk.ru

Гордейков Александр Владимирович

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный

Зубков Дмитрий Андреевич

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный

университет», г. Курск
Студент направления 15.04.05 «Конструкторско–
технологическое обеспечение машиностроительных
производств» кафедры машиностроительных
технологий и оборудования
305040, г. Курск, ул 50 лет Октября, 94
Тел. (4712) 22–26–69
E–mail:sasha_gordeikov@mail.ru

университет», г. Курск
Студент направления 15.03.05 «Конструкторско–
технологическое обеспечение машиностроительных
производств» кафедры машиностроительных
технологий и оборудования
305040, г. Курск, ул 50 лет Октября, 94
Тел. (4712) 22–26–69
E–mail:sasha_gordeikov@mail.ru

E.I. YATSUN, O.S. ZUBKOVA, A.V. GORDEYKOV, D.A. ZUBKOV

INCREASING THE DYNAMIC RIGIDITY OF BORING BARS

Abstract. *The article presents the design of an anti-vibration holder, the use of which in the processing of materials by cutting will reduce the level of self-generated vibrations that occur in tool systems. The advantages of the holder are the simplicity of construction and installation of the damping element; the ability to install various types of cutting heads on the holder. As an example, the possibility of using a holder when boring a hole in a thin-walled part is considered. A fragment of the part drawing and the boring scheme is shown. The influence of processing conditions on the tool deviation from the processed surface is studied. Graphs of the dependencies of the deflection of the forming point on the radial component of the cutting force, the departure of the holder, the diameter of the holder, and the elastic modulus of the holder material are constructed. Conclusions are made about the applicability of such holders.*

Keywords: *anti-vibration tool holder, boring, a damping body, an elastic element, the stiffness of the mandrel.*

BIBLIOGRAPHY

1. Panovko Ya. G. Fundamentals of the applied theory of vibrations and shock/ L.: mechanical engineering, 1976. 320 PP.
2. Vibrations in technology: a Handbook in 6 vols. Volume 6 / edited by K. V. Frolov./ / Moscow: Mashinostroenie, 1981.– 456 p.
3. Altintas Y. Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design/University Press// Engineering Books. © 2016. 379p.
4. Cyril M. Harris, Charles I. Creed. Handbook of shock loads. Abbr. per. from the English. N. A. Padure. L. ShipbuildingIn 1980. – 359 p.
5. Suslov A. G. Technological support of parameters of the surface layer of details. – Moscow: Mashinostroenie, –1987. – 208 p.
6. Krutov V. I. et al. Technical thermodynamics. Moscow: Higher school, 1991.–384 p.
7. Makarov A.D. Optimization of cutting processes. Moscow: Mashinostroenie, 1976, 274 p.
8. Timiryazev V. A., Kutin A. A., Golobova A. A., Kareev Yu. a. control of accuracy and productivity of the machining process on multi-purpose CNC machines–M.; MSTU "STANKIN", 2013. – 50С.
9. Yatsun, E. I., Malykhin, V. V., Zubkova, O. S., and others. Instrumental support of processes of mechanical processing with hard alloys and composites: monograph / ZAO "University book". Kursk. 2016.
10. Yatsun, V. A. Anti-vibration tool holder /Zubkova, O. S., Karnaukhov, I. S., Gordejkov, A. V.//Proc. scientific. works of the 8th Intern. n–prakt. Conf. "Modern materials, equipment and technologies". Southwestern state University. 2019. No. 2 (23). Pp. 80–90.
11. Yatsun, E.I., Kudryashov, E.A., Smirnov, I.M., Khizhnyak, N.A. Stabilizing tool for intermittent turning of complex surfaces//Russian Engineering Research. 2019. T. 39. № 2. С. 141–146.
12. U.S. patent No. 38936. William T. Cobb (Jr.). Configurable damping device and how to use it. Design and Management solutions, Inc. (US). 1999.
13. Russian patent no. 2298456. Koryukina N. A. Boring tool. 2007.
14. Russian patent No. 2621939. S. G. Novikov, V. V. Malykhin, E. I. Yatsun [and others] Damping cutter with controlled stiffness. 2017.

Yatsun Elena Ivanovna

FEDERAL in the Southwest State University, Kursk,
Candidate of technical sciences, Associate professor of
the sub-department «Engineering technologies and
equipment»
305040, Kursk, 50 let oktyabrya str. 94
Tel. (4712) 22–26–69
E–mail: el.yatsun@gmail.com

Zubkova Oksana Sergeevna,

FEDERAL in the Southwest State University, Kursk,
Candidate of technical sciences, Associate professor of
the sub-department «Engineering technologies and
equipment»
305040, Kursk, 50 let oktyabrya str. 94
Tel. (4712) 22–26–69
E–mail: zubkova-oksana@bk.ru

Gordeykov Aleksandr Vladimirovich
FEDERAL in the Southwest State University, Kursk,
Student of the direction 15.04.05 "Design and
technological support of machine-building industries" of
the Department of machine –building technologies and
equipment
305040, Kursk, ul. 50 years of October, 94
Tel. (4712) 22–26–69
E–mail: sasha_gordeikov@mail.ru

Zubkov Dmitry Andreevich
FEDERAL in the Southwest State University, Kursk,
Student of the direction 15.04.05 "Design and
technological support of machine-building industries" of
the Department of machine –building technologies and
equipment
305040, Kursk, ul. 50 years of October, 94
Tel. (4712) 22–26–69
E–mail: dmitrij.zubkov.2000@bk.ru

УДК: 621.9

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-50-58

Г.В. БАРСУКОВ, Ю.С. СТЕПАНОВ, О.Г. КОЖУС, Т.А. ЖУРАВЛЕВА

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КОМПОНЕНТОВ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ

Аннотация. В статье предлагается единый методологический подход к управлению технологической системой гидроабразивного резания как многоуровневой системы с иерархической структурой, что позволяет обеспечить повышение эффективности обработки. Авторами установлено, что при одинаковых энергетических затратах со стороны технологической системы можно использовать ряд технологических приемов, позволяющих повысить производительность процесса

Ключевые слова: гидроабразивное резание, струеформирующее сопло, энергетические затраты, технологическая система, гидрорезное оборудование

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанова, Е.Ю. Инновационные технологии резания сверхзвуковой струей жидкости: экономика, рынок, состояние и перспективы развития / Е.Ю. Степанова, О.Г. Кожус, Г.В. Барсуков // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2017. – №. 1. – С. 243–253.
2. Barsukov G., Zhuravleva T., Kozhus O. Methodics of Quality of Hydroabrasive Waterjet Cutting Machinability Assessment // International Conference on Industrial Engineering. – Springer, Cham, 2018. – P. 1677–1685. DOI: 10.1007/978–3–319–95630–5_179.
3. Barsukov, G., Zhuravleva, T., & Kozhus, O. (2017, January). Increasing of efficiency of environmentally friendly technology of AWJ of a glass fiber plastic. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 50, No. 1, p. 012001). IOP Publishing. DOI:10.1088/1755–1315/50/1/012001.
4. Barsukov, G., T. Zhuravleva, and O. Kozhus. Quality of Hydroabrasive Waterjet Cutting Machinability. Procedia Engineering 206 (2017): 1034–1038. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.10.590.
5. Salenko, A.F., Shchetinin, V.T., Gabuzyan, G.V., (...), Novikov, N.V., Klimenko, S.A. Cutting of polycrystalline superhard materials by jet methods / Journal of Superhard Materials, 2016.
6. Fomin, A.A., Gusev, V.G., Sattarova, Z.G Geometrical errors of surfaces milled with convex and concave profile tools / Solid State Phenomena, 2018.
7. Abashin, M.I., Barzov, A.A., Bochkarev, S.V., Galinovskiy, A.L., Maslov, B.G. Using ultrastream diagnostics for evaluating the quality of welded joints / Welding International, 2015.
8. Барсуков, Г.В. Определение производительности гидроабразивного резания с учетом характеристик абразивного зерна / Г.В. Барсуков, А.В. Михеев // Справочник. Инженерный журнал. – 2008. – № 1. – С. 9 – 14.
9. Полянский, С.Н. Технология и оборудование гидроабразивной резки / С.Н. Полянский, А.С. Нестеров // Вестник машиностроения. – 2004. – № 5. – С. 43 – 46.
10. Степанов, Ю. С. Разработка технологических приемов раскроя деталей из стеклотекстолита гидроабразивной струей / Степанов Ю.С., Барсуков Г.В., Журавлева Т.А., Кожус О.Г. // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П.А. Соловьева. – 2017. – №. 2. – С. 267–274.

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

Степанов Юрий Сергеевич
ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева»
г. Орел
доктор технических наук, профессор
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел. +7 (919) 209–37–90
E–mail: yury057@yandex.ru

Кожус Ольга Геннадьевна
ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева»
г. Орел
кандидат технических наук,
ведущий инженер
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел.: + 7 (4862) 413295
E-mail: okozhus@mail.ru

Журавлева Татьяна Александровна
Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана
г. Калуга
кандидат технических наук,
доцент кафедры «Технология машиностроения»
248000, г. Калуга, ул. Баженова, д. 2.
Тел.: +7(4842) 74–40–32
E-mail: awj@list.ru

G.V. BARSUKOV, Yu.S. STEPANOV, O.G. KOZHUS, T.A. ZHURAVLEVA

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF EQUIPMENT COMPONENTS FOR HYDROABRASIVE CUTTING, PROVIDING INCREASING TREATMENT EFFICIENCY

Abstract. *The article proposes a unified methodological approach to managing the technological system of waterjet cutting as a multi-level system with a hierarchical structure, which allows to increase the efficiency of processing. The authors found that with the same energy costs from the technological system, a number of technological methods can be used to improve the process productivity.*

Keywords: *waterjet cutting, jet forming nozzle, energy costs, technological system, waterjet equipment*

BIBLIOGRAPHY

1. Stepanova, E.Yu. Innovative technologies of cutting with a supersonic liquid jet: economy, market, condition and development prospects / E.Yu. Stepanova, O.G. Kozhus, G.V. Barsukov // Bulletin of the Bryansk State Technical University. – 2017. – No. 1. — S. 243–253.
2. Barsukov G., Zhuravleva T., Kozhus O. Methodics of Quality of Hydroabrasive Waterjet Cutting Machinability Assessment // International Conference on Industrial Engineering. – Springer, Cham, 2018.— P. 1677–1685. DOI: 10.1007 / 978–3–319–95630–5_179.
3. Barsukov, G., Zhuravleva, T., & Kozhus, O. (2017, January). Increasing of efficiency of environmentally friendly technology of AWJ of a glass fiber plastic. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 50, No. 1, p. 012001). IOP Publishing. DOI: 10.1088 / 1755–1315 / 50/1/012001.
4. Barsukov, G., T. Zhuravleva, and O. Kozhus. Quality of Hydroabrasive Waterjet Cutting Machinability. Procedia Engineering 206 (2017): 1034–1038. DOI: 10.1016 / j.proeng.2017.10.10.590.
5. Salenko, A.F., Shchetinin, V.T., Gabuzyan, G.V., (...), Novikov, N.V., Klimenko, S.A. Cutting of polycrystalline superhard materials by jet methods / Journal of Superhard Materials, 2016.
6. Fomin, A.A., Gusev, V.G., Sattarova, Z.G. Geometric errors of surfaces milled with convex and concave profile tools / Solid State Phenomena, 2018.
7. Abashin, M.I., Barzov, A.A., Bochkarev, S.V., Galinovsky, A.L., Maslov, B.G. Using ultrastream diagnostics for evaluating the quality of welded joints / Welding International, 2015.
8. Barsukov, G.V. Determining the performance of waterjet cutting, taking into account the characteristics of abrasive grain / G.V. Barsukov, A.V. Mikhhev // Reference. Engineering Journal. – 2008. – No. 1. – S. 9 – 14.
9. Polyansky, S.N. Technology and equipment for waterjet cutting / S.N. Polyansky, A.S. Nesterov // Bulletin of mechanical engineering. – 2004. – No. 5. – S. 43 – 46.
10. Stepanov, Yu. S. Development of technological methods for cutting parts from fiberglass with a hydroabrasive jet / Stepanov Yu.S., Barsukov GV, Zhuravleva TA, Kozhus OG // Bulletin of the Rybinsk State Aviation Technological Academy. P.A. Solovyov. – 2017. – No. 2.— S. 267–274.

Barsukov Gennady Valeryevich
Orel State University, Orel
Doctor of Technical Sciences, Professor of the
Department of Mechanical Engineering
302026, Orel, Komsomolskaya st, 95
Ph.: + 7 (4862) 413295
E-mail: awj@list.ru

Stepanov Yuri Sergeevich
Orel State University, Orel
Doctor of Technical Sciences, professor
302026, Orel, Komsomolskaya st, 95
Ph.: +7 (919) 209–37–90
E-mail: yury057@yandex.ru

Kozhus Olga Gennadiyevna
Orel State University, Orel
Candidate of technical sciences,
Leading Engineer

Zhuravleva Tatyana Alexandrovna
Kaluga branch of the Bauman MSTU named
N. E. Bauman, Kaluga
Candidate of technical sciences,

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

associate Professor of the Department of mechanical
engineering Technology»
248000, Kaluga, Bazhenov str., 2.
Phone: +7 (4842) 74–40–32
E-mail: awj@list.ru

УДК 621.438

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-59-66

А.В. ДОЛОГЛОНЯН, В.Т. МАТВЕЕНКО

ОПТИМИЗАЦИЯ СТЕПЕНИ РЕГЕНЕРАЦИИ ДЛЯ ЦИКЛОВ МИКРОГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

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

Ключевые слова: коэффициент восстановления давления, микрогазотурбинная установка, микротурбина, регенерация теплоты, турбина перерасширения, турбокомпрессорный утилизатор.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горюнова И. Ю. Регенераторы ГТУ: учебно–методическое пособие / И. Ю. Горюнова, И. Д. Ларионов – Екатеринбург: Изд.–во Урал. ун.–та, 2017. – 80 с.
2. Абянц В.Х. Теория авиационных газовых турбин. М.: Государственное издательство оборонной промышленности. – 1953. 216 с.
3. Аронсон К.Э. Теплообменники энергетических установок / К.Э. Аронсон, С.Н. Блинков, В.И. Брезгин и др.// Екатеринбург: Издательство УрФУ, 2015. – Электронный формат: html. Объем: 733 Mb
4. Матвеев В.Т. Глубокая утилизация теплоты в газотурбинных двигателях с турбиной перерасширения / В.Т. Матвеев // Промышленная теплотехника. – 1997. – Т. 19. – № 4–5. – С. 81–85.
5. Bianchi M.A. Feasibility Study of Inverted Brayton Cycle for Gas Turbines Repowering/ M. Bianchi, G. Negridi Montenegro, A. Heretto, P.R. Spina// Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. – 2005. – Vol.127.– Is.3. –Pp.599–605.
6. Matvienko V. Variable regimes operation of cogenerative gas –turbine engines with overexpansion turbine/ V. Matvienko, V. Ocheretianiy// Proc. of ASME Turbo Expo 2010: Power of Land, Sea and Air GT2010, June 14–18, 2010, Glasgow, UK, GT2010–22029.
7. Matvienko V. Gas Turbine Plant with Overexpansion Turbine and Heat Regeneration in the Ship Propulsion Complex / V. Matvienko, O. Andriets, V. Ochretianij // Proceedings of ASME Turbo Expo 2014: June 16–20, 2014, Dusseldorf, Germany.
8. Matvienko V. Working Process Control in a Ship Gas Turbine Engine of Complex Cycle / V. Matvienko, V. Ocheretianiy // Proc. of ASME Turbo Expo 2016: June 13–17, 2016, Seoul, South Korea.
9. Diener OF, van der Spuy SJ, von Backström TW, Hildebrandt T. Multi–Disciplinary Optimization of a Mixed–Flow Compressor Impeller. ASME. Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air, Volume 8: Microturbines, Turbochargers and Small Turbomachines; Steam Turbines (); V008T23A021. doi:10.1115/GT2016–57008.
10. Deng, Qing–Hua & Shao, Shuai & Fu, Lei & Luan, Hai–Feng. (2018). An Integrated Design and Optimization Approach for Radial Inflow Turbines – Part I: Automated Preliminary Design. Applied Sciences. 8. 2038. 10.3390/app8112038.
11. Арбеков А.Н. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок / А.Н. Арбеков, А.Ю. Вараксин, Э.А. Мнушин, В.Е. и др. – М. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 678 с.
12. Vick, Michael & Young, Trent & Kelly, Matthew & Tuttle, Steven & Hinnant, Katherine. (2016). A Simple Recuperated Ceramic Microturbine: Design Concept, Cycle Analysis, and Recuperator Component Prototype Tests. V008T23A030. 10.1115/GT2016–57780.

Дологлонян Андрей Вартазарович
ФГБНУ Институт природно–технических систем
Российской Федерации, г. Севастополь
Кандидат технических наук, зав. лабораторией
E–mail: dologlonyan@hotmail.com

Матвеев Валерий Тимофеевич
ФГБНУ Институт природно–технических систем
Российской Федерации, г. Севастополь
Доктор технических наук, профессор
E–mail: mvt3900@mail.ru

A.V. DOLOGLONYAN, V.T. MATVIINKO

DEGREE OF REGENERATION OPTIMIZATION FOR CYCLES OF MICROGAS TURBINE PLANTS

Abstract. A consideration subject in article is the mathematical model of pressure recovery factor of microgas turbine plants (MGTP) regenerators which considers dependence of hydraulic resistance of the heat–exchanger on the its surface area. Optimization of a regenerative cycle of MGTP and a cycle with regeneration and the turbocompressor utilizer for the purpose of further increase in their profitability is performed. It is established that use of the offered model of pressure recovery factor on the air and gas side allows to find degree of regeneration heattechnical optimum. This model can be used at simplified and predesign of MGTP.

Keywords: pressure recovery factor, microgas turbine plant, microturbine, warmth regeneration, overexpansion turbine, turbocompressor utilizer.

BIBLIOGRAPHY

1. Goryunova I. YU. Regeneratory GTU: uchebno–metodicheskoe posobie / I. YU. Goryunova, I. D. Larionov – Ekaterinburg: Izd.–vo Ural. un–ta, 2017. – 80 s.
2. Abianc V.H. Teoriya aviacionnyh gazovyh turbin. M.: Gosudarstvennoe izdatelstvo oboronnoj promyshlennosti. – 1953. 216 s.
3. Aronson K.E. Teploobmenniki energeticheskikh ustanovok / K.E. Aronson, S.N. Blinkov, V.I. Brezgin i dr.// Ekaterinburg: Izdatelstvo UrFU, 2015. – Elektronnyj format: html. Ob'em: 733 Mb
4. Matveenko V.T. Glubokaya utilizaciya teploty v gazoturbinnnyh dvigatelyah s turbinoj pererasshi–reniya / V.T. Matveenko // Promyshlennaya teplotekhnika. – 1997. – T. 19. – № 4–5. – S. 81–85.
5. Bianchi M.A. Feasibility Study of Inverted Brayton Cycle for Gas Turbines Repowering/ M. Bianchi, G. Negridi Montenegro, A. Heretto, P.R. Spina// Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. – 2005. – Vol.127.– Is.3. –Pp.599–605.
6. Matviinko V. Variable regimes operation of cogenerative gas –turbine engines with overexpansion turbine/ V. Matviinko, V. Ocheretianiy// Procecoligs of ASME Turbo Expo 2010: Power of Land, Sea and Air GT2010, June 14–18, 2010, Glasgow, UK, GT2010–22029.
7. Matviienko V. Gas Turbine Plant with Overexpansion Turbine and Heat Regeneration in the Ship Propulsion Complex / V. Matviienko, O. Andriets, V. Ochretianjy // Proceedings of ASME Turbo Expo 2014: June 16–20, 2014, Dusseldorf, Germany.
8. Matviienko V. Working Process Control in a Ship Gas Turbine Engine of Complex Cycle / V/ Matviienko, V. Ocheretianiy // Procecoling of ASME Turbo Expo 2016: June 13–17, 2016, Seoul, South Korea.
9. Diener OF, van der Spuy SJ, von Backström TW, Hildebrandt T. Multi–Disciplinary Optimization of a Mixed–Flow Compressor Impeller. ASME. Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air, Volume 8: Microturbines, Turbochargers and Small Turbomachines; Steam Turbines ():V008T23A021. doi:10.1115/GT2016–57008.
10. Deng, Qing–Hua & Shao, Shuai & Fu, Lei & Luan, Hai–Feng. (2018). An Integrated Design and Optimization Approach for Radial Inflow Turbines – Part I: Automated Preliminary Design. Applied Sciences. 8. 2038. 10.3390/app8112038.
11. Arbekov A.N. Teoriya i proektirovanie gazoturbinnnyh i kombinirovannyh ustanovok / A.N. Arbe–kov, A.YU. Varaksin, E.A. Mnushin, V.E i dr. – M. Izdatelstvo MGTU im. N.E. Bauman, 2017. – 678 s.
12. Vick, Michael & Young, Trent & Kelly, Matthew & Tuttle, Steven & Hinnant, Katherine. (2016). A Simple Recuperated Ceramic Microturbine: Design Concept, Cycle Analysis, and Recuperator Component Prototype Tests. V008T23A030. 10.1115/GT2016–57780.

Dologlonyan Andrey Vartazarovich
FSBSI Institute of nature and technical systems,
Russian Federation, Sevastopol

Matviienko Valerii Timofeevich
FSBSI Institute of nature and technical systems,
Russian Federation, Sevastopol

МАШИНОВЕДЕНИЕ И МЕХАТРОНИКА

УДК 519.688, 62–79

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-67-75

А.В. КОРНАЕВ, И. Н. СТЕБАКОВ, С.Г. ПОПОВ, Ю.Н. КАЗАКОВ

ПРОГРАММНО–АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ РОТОРНО–ОПОРНЫХ СИСТЕМ

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы разработки доступного программно–аппаратного комплекса для мониторинга и диагностики роторно–опорных систем с подшипниками жидкостного трения. Разработана программная часть комплекса на основе четырехслойной полносвязной искусственной нейронной сети. Проведено обучение и тестирование сети по результатам физических экспериментов на лабораторной установке. В качестве входных данных для обучения использовались показания датчика сопротивления смазочного слоя в подшипнике. Основу аппаратной части комплекса составила плата «Nucleo–144» с обученной сетью. Тестирование разработанного комплекса показало точность диагностики 72 %.

Ключевые слова: интеллектуальная диагностика, машинное обучение, система мониторинга, программно–аппаратный комплекс, ротор, подшипники скольжения.

Работа выполнена в рамках проекта №05.607.21.0303 "Разработка интеллектуальной технологии мониторинга и прототипа программно–аппаратного комплекса безопасности объектов энергетического комплекса" ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно – технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы" (уникальный идентификатор соглашения RFMEFI60719X0303).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бодянский Е.В., Руденко О.Г. Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения. Харьков: Теле–тех, 2004. 369 с.
2. Боровков, А. И., Рябов, Ю. А., Марусева, В. М. «Умные» цифровые двойники – основа новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования глобально конкурентоспособной продукции нового поколения // Трамплин к успеху. Цифровая экономика знаний. Издательский дом МЭИ, 2018 С. 13–17. (дата обращения 20.07.2019)
3. Al–Raheem Khalid F. Application of the Laplace–wavelet combined with ANN for rolling bearing fault diagnosis / Al–Raheem Khalid F. [at al.] // Trans. ASME. J. Vibr. and Acoust. – 2008. – Vol. 130, № 5. – P. 051007/1–051007/9.
4. Mingliang Bai, Jinfu Liu, Anomaly detection of gas turbines based on normal pattern extraction, Applied Thermal Engineering, in press, 114664.
5. Phong B. Dao, Wieslaw J. Staszewski, Condition monitoring and fault detection in wind turbines based on cointegration analysis of SCADA data, Renewable Energy, Volume 116, Part B, February 2018, Pages 107–122.
6. RanBi Chengke Zhou Donald M. Hepburn. Detection and classification of faults in pitch–regulated wind turbine generators using normal behaviour models based on performance curves Volume 105, May 2017, Pages 674–688.
7. Wenxian Yang, Richard Court, Jiesheng Jiang, Wind turbine condition monitoring by the approach of SCADA data analysis, Renewable Energy, Volume 53, May 2013, Pages 365–376.
8. National Instruments. Официальный сайт. URL: <https://www.ni.com/ru–ru.html> (дата обращения 10.01.2020 г.).
9. Buel&Kjaer. Официальный сайт. URL: <https://www.bksv.com> (дата обращения 10.01.2020 г.).
10. I. Goodfellow, Yo. Bengio, A. Courville. Deep Learning. MIT Press. 2016; – 802 p.
11. RM0410 Reference manual Rev.4 STM32F76xxx and STM32F77xxx advanced Arm ® –based 32–bit MCUs.
12. Python. Официальный сайт. URL: <https://www.python.org> (дата обращения 10.01.2020 г.).

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г Орёл
Доктор технических наук, профессор кафедры мехатроники, механики и робототехники, старший научный сотрудник НОЦ Интеллектуальных технологий мониторинга и диагностики энергогенерирующего оборудования
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
Тел. 8 953 478 15–91
E-mail: rusakor@inbox.ru

Попов Сергей Геннадьевич
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г Орёл
Аспирант, младший научный сотрудник НОЦ Интеллектуальных технологий мониторинга и диагностики энергогенерирующего оборудования
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
Тел. 8 906 568 65–01
E-mail: hvunt32@gmail.com

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г Орёл
Студент, стажер–исследователь НОЦ Интеллектуальных технологий мониторинга и диагностики энергогенерирующего оборудования
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
Тел. 8 953 618 08–66
E-mail: chester50796@yandex.ru

Казаков Юрий Николаевич
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г Орёл
Студент, стажер–исследователь НОЦ Интеллектуальных технологий мониторинга и диагностики энергогенерирующего оборудования
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
Тел. 8 920 089 47–19
E-mail: kazakyurii@yandex.ru

A.V. KORNAEV, I.N. STEBAKOV, S.G. POPOV, Yu.N. KAZAKOV

CALCULATION OF THE MOBILE DEVICE OF THE BUILDING ROBOT FOR SUSTAINABILITY

Abstract. *This article discusses the development of an affordable software and hardware complex for monitoring and diagnostics of rotary machines with fluid–film bearings. The software part of the complex was developed on the basis of a four–layer fully–connected artificial neural network. The network was trained and tested according to the results of experiments in a test rig. The contact resistance sensors measurement results were used as input for training. The basis of the hardware of the complex was the Nucleo–144 board with a trained network. Testing of the developed complex showed a diagnostic accuracy of 86%.*

Keywords: *intelligent diagnostics, machine learning, monitoring system, hardware–software complex, rotor, fluid–film bearings.*

BIBLIOGRAPHY

1. Bodyansky E.V., Rudenko O.G. Artificial neural networks: architectures, training, applications. Kharkov: Tele-Tech, 2004. 369 s.
2. Borovkov, A. I., Ryabov, Yu. A., Maruseva, V. M. “Smart” digital twins – the basis of the new paradigm of digital design and modeling of globally competitive products of the new generation // Trampolin to success. The digital economy of knowledge. MEI Publishing House, 2018 pp. 13–17. (accessed July 20, 2019)
3. Al–Raheem Khalid F. Application of the Laplace–wavelet combined with ANN for rolling bearing fault diagnosis / Al–Raheem Khalid F. [at al.] // Trans. ASME. J. Vibr. and Acoust. – 2008. – Vol. 130, No. 5. – P. 051007 / 1–051007 / 9.
4. Mingliang Bai, Jinfu Liu, Anomaly detection of gas turbines based on normal pattern extraction, Applied Thermal Engineering, in press, 114664.
5. Phong B. Dao, Wieslaw J. Staszewski, Condition monitoring and fault detection in wind turbines based on cointegration analysis of SCADA data, Renewable Energy, Volume 116, Part B, February 2018, Pages 107–122.
6. RanBi Chengke Zhou Donald M. Hepburn. Detection and classification of faults in pitch–regulated wind turbine generators using normal behavior models based on performance curves Volume 105, May 2017, Pages 674–688.
7. Wenxian Yang, Richard Court, Jiesheng Jiang, Wind turbine condition monitoring by the approach of SCADA data analysis, Renewable Energy, Volume 53, May 2013, Pages 365–376.
8. National Instruments. Official site. URL: <https://www.ni.com/ru–ru.html> (accessed January 10, 2020).
9. Buel & Kjaer. Official site. URL: <https://www.bksv.com> (date of treatment 01.10.2020).
10. I. Goodfellow, Yo. Bengio, A. Courville. Deep learning MIT Press. 2016; – 802 p.
11. RM0410 Reference manual Rev. 4 STM32F76xxx and STM32F77xxx advanced Arm ® –based 32–bit MCUs.
12. Python. Official site. URL: <https://www.python.org> (accessed January 10, 2020).

Kornaev Alexey Valerievich

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel
Doctor of Sciences in Technology, Professor at the
Department of Mechatronics, Mechanics, and Robotics,
Senior Researcher of Scientific Educational Center
Intelligent technologies for monitoring and diagnostics
of power generating equipment
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph. 8 953 478 15–91
E-mail: rusakor@inbox.ru

Popov Sergey Gennadevich

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel
Graduate student, Junior Researcher of Scientific
Educational Center Intelligent technologies for
monitoring and diagnostics of power generating
equipment
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph. 8 906 568 65–01
E-mail: hvunt32@gmail.com

Stebakov Ivan Nikolaevich

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel
Student, trainee researcher of Scientific Educational
Center Intelligent technologies for monitoring and
diagnostics of power generating equipment
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph. 8 953 618 08–66
E-mail: chester50796@yandex.ru

Kazakov Yuri Nickolaevich

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel
Student, Junior Researcher of Scientific Educational
Center Intelligent technologies for monitoring and
diagnostics of power generating equipment
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph. 8 920 089 47–19
E-mail: kazakyurii@yandex.ru

УДК 628.517.4

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-76-82

Р.Н. ПОЛЯКОВ, А.В. ГОРИН, Р.К. ЗАРЕЦКИЙ, Н.В. ТОКМАКОВ

АКТИВНАЯ ВИБРОЗАЩИТА НА ОСНОВЕ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. В статье были рассмотрены и проанализированы различные типы виброзащитных систем энергогенерирующих машин. По результатам анализа был сделан вывод о том, что известные методы обеспечения виброзащиты не в полной мере удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям. Поэтому рассматривается возможность использования активной виброзащиты на основе мехатронной системы. Была разработана конструкция и сформулированы общие представления о структуре системы активной виброзащиты, принципе её работы.

Ключевые слова: виброзащитная система, активная система, пьезоактуатор, вибровозбуждение, активная система защиты.

Работа выполнена в рамках проекта №05.607.21.0303 "Разработка интеллектуальной технологии мониторинга и прототипа программно-аппаратного комплекса безопасности объектов энергетического комплекса" ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно – технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы" (уникальный идентификатор соглашения RFMEFI60719X0303).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вибрации в технике: Справ. В 6 т. / И.И. Артоболевский, А.Н. Боголюбов, В.В. Болотин и др. – М.: Машиностроение, 1981. – Т. 6. Защита от вибрации и ударов/ Под ред. К.В. Фролова. 1981. – 456 с.
2. Вибрации в технике / Под. ред. Э. Э. Лавендела, Т. 4. Вибрационные процессы и машины. – М.: «Машиностроение», 1981.
3. Виброзащитные системы с квазинулевой жесткостью / П.М. Алабужев, А.А. Гритчин, Л. И Ким и др.; Под ред. К.М. Рагульскаса. – Л.: Машиностроение, 1986. – 96 с.
4. И.И. Сидоренко Управление жесткостью механических систем при помощи виброизолирующих устройств с обратной связью // Труды Одесского политехнического университета. – 2005. – №2(24). – С. 30–34.
5. Генкин М.Д. Активные виброзащитные системы / М.Д. Генкин, В.В. Яблонский // Виброизолирующие системы в машинах и механизмах $\frac{3}{4}$ М.: Наука, 1978. С. 3–11.
6. Bi C. et al, Automatic Learning Control for Unbalance Compensation in Active Magnetic Bearings [Text], IEEE Trans Magnetics, vol. 41, no. 7, pp. 2270–2280, 2005.
7. Пьезоактуаторы Р–842 – Р–845 // Евротек Джеренал [Электронный ресурс] URL: http://www.eurotek-g.com/products/systems_pi/piezoactuators/r-842-r-845/#ad-image-0 (дата обращения: 08.03.2020).
8. Актуаторы – Элпа // НИИ "Элпа" [Электронный ресурс] URL: <https://www.elpapiezo.ru/index.html> (дата обращения: 08.03.2020).

9. Зотов А. Н. «Нелинейный виброизолятор нового принципа действия» // Динамика систем, механизмов и машин: материалы V Междунар. науч.–техн. конф. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2004.
10. Савельев Ю. Ф. Метод эффективной виброзащиты подвижного состава и экипажа на основе дополнительных механических устройств со знакопеременной упругостью: Монография. Омский гос. Ун-т путей сообщения. Омск, 2003. 107 с.
11. Simoes R. C. et al, Active Vibration Control of a Rotor Using Piezoelectric Stack [Text] Actuators, J Vib Control, vol. 13, no. 1, pp. 45–64, 2007.
12. Иванов А. В., Куфтин А. А., Демарева А. И. и др. Защита малогабаритной бортовой аппаратуры от вибрационных и ударных воздействий // Проектирование и технология радиоэлектронных средств. 2015. №2.
13. Коловский М. З. Автоматическое управление виброзащитными системами. – М.: «Наука», 1976.
14. Зарецкий Р.К., Соколенко А.Г., Токмаков Н.В. Активные виброзащитные системы на основе пьезоэлементов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии № 1 (333). Орёл: ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», 2019.
15. Романченко М. К. Вибрационная защита // Технические науки в России и за рубежом: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Москва, ноябрь 2012 г.). – М.: Буки-Веди, 2012. – С. 131–133. – URL <https://moluch.ru/conf/tech/archive/55/2720/> (дата обращения: 08.03.2020).
16. Левитский Н.И. Колебания в машинах: Учебное пособие для втузов. – М: Наука. Гл. ред. физ. – мат. лит., 1988. – 336 с.
17. Бардин В.А. Системы управления высокоточными устройствами позиционирования на основе пьезоэлектрических актюаторов / В.А. Бардин; Пензенский государственный институт. Пенза, 2015. 169 с.
18. Морозов И.Д. Система активной виброзащиты на основе пьезоэлектрических актюаторов: Конструирование и технология электронных средств наук: 11.04.03. Пенза, 2017. 78 с.

Поляков Роман Николаевич

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

Горин Андрей Владимирович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный
университет имени И.С. Тургенева»
канд. техн. наук, доцент кафедры мехатроника,
механика и робототехника
302020, г.Орёл, Наугорское шоссе, 29
Тел. +79102600267
E-mail: gorin57@mail.ru

Зарецкий Роман Константинович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный
университет имени И.С. Тургенева»
студент
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
Тел. +79208182314
E-mail: kogots@bk.ru

Токмаков Никита Владимирович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный
университет имени И.С. Тургенева»
студент
302020, г.Орёл, Наугорское шоссе, 29
Тел. +79606489922
E-mail: stalker.20122@yandex.ru

R.N. POLYAKOV, A.V. GORIN, R.K. ZARETSKIY, N.V. TOKMAKOV

**ACTIVE VIBRATION PROTECTION BASED
ON THE MECHATRONIC SYSTEM**

Abstract. *The article examined and analyzed various types of vibration protection systems. Based on the results of the analysis, it was concluded that the known methods for providing vibration protection do not fully satisfy the requirements for them. Therefore, the possibility of using an active vibration protection system based on piezoelectric elements is considered. The design was developed and general ideas about the structure of the active vibration protection system, the principle of its operation were formulated.*

Keywords: *vibroprotective system, active system, piezoelectric actuators, vibration excitation, mechatronic protection system.*

BIBLIOGRAPHY

1. Vibracii v tekhnike: Sprav. V 6 t. / I.I. Artobolevskij, A.N. Bogolyubov, V.V. Bolotin i dr.– М.: Mashinostroenie, 1981. – Т. 6. Zashchita ot vibracii i udarov/ Pod red. K.V. Frolova. 1981. – 456 s.
2. Vibracii v tekhnike / Pod. red. E. E. Lavendela, T. 4. Vibracionnye processy i mashiny. – М.: «Mashinostroenie», 1981.

3. Vibrozashchitnye sistemy s kvazinulevoj zhestkostyu / P.M. Alabuzhev, A.A. Gritchin, L. I Kim i dr.; Pod red. K.M. Ragulskisa. – L.: Mashinostroenie, 1986. – 96 s.
4. I.I. Sidorenko Upravlenie zhestkostyu mekhanicheskikh sistem pri pomoshchi vibroizoliruyushchih ustroystv s obratnoj svyazu // Trudy Odesskogo politekhnicheskogo universiteta. – 2005. – №2(24). – S. 30–34.
5. Genkin M.D. Aktivnye vibrozashchitnye sistemy / M.D.Genkin, V.V. Yablonskij // Vibroizoliruyushchie sistemy v mashinah i mekhanizmah $\frac{3}{4}$ M.: Nauka, 1978. S. 3–11.
6. Bi C. et al, Automatic Learning Control for Unbalance Compensation in Active Magnetic Bearings [Text], IEEE Trans Magnetics, vol. 41, no. 7, pp. 2270–2280, 2005.
7. Pezoaktuatory R–842 – R–845 // Evrotek Dzheneral [Elektronnyj resurs] URL: http://www.eurotek-g.com/products/systems_pi/piezoactuators/r-842-r-845/#ad-image-0 (data obrashcheniya: 08.03.2020).
8. Aktyuatory – Elpa // NII "Elpa" [Elektronnyj resurs] URL: <https://www.elpapiezo.ru/index.html> (data obrashcheniya: 08.03.2020).
9. Zotov A. N. «Nelinejnyj vibroizolyator novogo principa dejstviya» // Dinamika sistem, mekhanizmov i mashin: materialy V Mezhdunar. nauch.–tekhn. konf. Omsk: Izd–vo OmGTU, 2004.
10. Savelev YU. F. Metod effektivnoj vibrozashchity podvizhnogo sostava i ekipazha na osnove dopolnitelnyh mekhanicheskikh ustroystv so znakoperemennoj uprugostyu: Monografiya. Omskij gos. Un–t putej soobshcheniya. Omsk, 2003. 107 s.
11. Simoes R. C. et al, Active Vibration Control of a Rotor Using Piezoelectric Stack [Text] Actuators, J Vib Control, vol. 13, no. 1, pp. 45–64, 2007.
12. Ivanov A. V., Kuftin A. A., Demareva A. I. i dr. Zashchita malogabaritnoj bortovoj apparatury ot vibracionnyh i udarnyh vozdeystvij // Proektirovanie i tekhnologiya radioelektronnyh sredstv. 2015. № 2.
13. Kolovskij M. Z. Avtomaticheskoe upravlenie vibrozashchitnymi sistemami. – M.: «Nauka», 1976.
14. Zareckij R.K., Sokolenko A.G., Tokmakov N.V. Aktivnye vibrozashchitnye sistemy na osnove pezoelementov // Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii № 1 (333). Oryol: FGBOU VO «Orlovskij gosudarstvennyj universitet imeni I.S. Turgeneva», 2019.
15. Romanchenko M. K. Vibracionnaya zashchita // Tekhnicheskie nauki v Rossii i za rubezhom: materialy II Mezhdunar. nauch. konf. (g. Moskva, noyabr 2012 g.). – M.: Buki–Vedi, 2012. – S. 131–133. – URL <https://moluch.ru/conf/tech/archive/55/2720/> (data obrashcheniya: 08.03.2020).
16. Levitskij N.I. Kolebaniya v mashinah: Uchebnoe posobie dlya vtuzov. – M: Nauka. Gl. red. fiz. – mat. lit., 1988. – 336 s.
17. Bardin V.A. Sistemy upravleniya vysokotochnymi ustroystvami pozicionirovaniya na osnove pezoelektricheskikh aktyuatorov / V.A. Bardin; Penzenskij gosudarstvennyj institut. Penza, 2015. 169s.
18. Morozov I.D. Sistema aktivnoj vibrozashchity na osnove pezoelektricheskikh aktyuatorov: Konstruirovaniye i tekhnologiya elektronnyh sredstv nauk: 11.04.03. Penza, 2017. 78 s.

Polyakov Roman Nikolaevich

Orel State University
Doctor of technical Sciences, associate Professor of the
Department mechatronics, mechanics and robotics
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
E–mail: romanpolak@mail.ru

Zaretskiy Roman Konstantinovich

Orel State University named after I.S.Turgenev, Orel
postgraduate student
302020, Orel, Naugorskoye shosse, 29
Ph.: +79208182314
E–mail: kogots@bk.ru

Gorin Andrey Vladimirovich

Orel State University
candidate of technical Sciences, associate Professor of
the Department mechatronics, mechanics and robotics
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph.: +79102600267
E–mail: gorin57@mail.ru

Tokmakov Nikita Vladimirovich

Orel State University named after I.S. Turgenev
student
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph.: +79102606508
E–mail: stalker.20122@yandex.ru

УДК 62–25

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-83-90

А.С. ФЕТИСОВ, В.О. ТЮРИН

МАГНИТОРЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОПОРА СКОЛЬЖЕНИЯ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Аннотация. В статье представлена классификация магнитореологических устройств. Приведена классификация подшипниковых опор роторных машин. Описан экспериментальный стенд, включающий в себя магнитореологический подшипник скольжения. Представлена информационно измерительная система экспериментального стенда. Приведены результаты экспериментальных исследований

Ключевые слова: *Опорный узел, роторная машина, магнито-реологическая жидкость, подшипник скольжения*

Настоящее исследование выполнено в рамках выполнения проекта РФФИ № 18-38-00465.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bossis G. Magnetorheology: fluids, structures and rheology. In: Odenbach S (ed.) / Bossis G, Volkova O, Lacis S. // *Ferrofluids*. Berlin, Heidelberg: Springer – 2003. – P. 202–230.
2. Lemaire E. Field induced structure in magneto and electro-rheological fluids / Lemaire E, Grasselli Y and Bossis G // *Journal de Physique II France*. – 1992. – Vol. 2. –P. 359–369.
3. Volkova O. Flow-induced structures in magnetorheological suspensions / Volkova O, Cutillas S, Carletto P // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 1999. – Vol.201. –P.66–69.
4. Kormann C. MR fluids with nano-sized magnetic particles / Kormann C, Laun HM, Richter HJ // *International Journal of Modern Physics B*. – 1996. – Vol.10. – P. 3167–3172.
5. Jang, I. M. Role of organic coating on carbonyl iron suspended particles in magnetorheological fluids. / Jang, I., Kim, H., Lee, J., You, J., Choi, H., & Jhon, M // *Journal of Applied Physics*. – 2005. – Vol. 97.
6. Cho, M. Encapsulation of spherical iron –particle with PMMA and its MR particles. / Cho, M. S., Lim, S. T., Jang, I. B., Choi, H. J., & John, M. S. // *IEEE Transactions on Magnetics*. – 2004. – Vol. 40(4). – P. 3036–3038.
7. Goncalves, F. Behavior of magnetorheological fluids at high velocities and high shear rates. / Goncalves, F., Ahmadian, M., Carlson, J. D // *International Journal of Modern Physics B*. – 2005. – Vol. 19(0709). – P. 1395–1401.
8. Rabbani, Y. An experimental study on the effects of temperature and magnetic field strength on the magnetorheological fluids stability and MR effect. / Rabbani, Y., Ashtiani, M., Hashemabadi, S. H // *Soft Matter*. – 2015. – Vol 11. – P. 4453–4460.
9. Du H. Direct voltage control of magnetorheological damper for vehicle suspensions / Du H., Lam, J., Cheung, K. // *Smart Materials and Structures*. – 2013. – Vol. 22(10). DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/0964-1726/22/10/105016>.
10. Park E.J. A performance evaluation of an automotive magnetorheological brake design with a sliding mode controller / Park, E.J., Stoikov, D., da Luz, L.F. // *Mechatronics*. – 2006. – Vol. 16(7). – P.405–416.
11. Kim K.J. Design and modeling of semi-active squeeze film dampers using magnetorheological fluids / Kim, K.J., Lee, C.W., Koo, J.H. // *Smart Materials and Structures*. – 2008. – Vol. 17(3).
12. Ma L. Dynamic characteristics analysis of a misaligned rotor-bearing system with squeeze film dampers / Ma L., Zhang J.H., Lin J.W. // *Journal of Zhejiang University-SCIENCE A (Applied Physics & Engineering)*. – 2016. – Vol. 17(8). –P. 614–631.
13. Yazid I.I.M. Design of magnetorheological damper with a combination of shear and squeeze modes / Yazid, I.I.M., Mazlan, S.A., Kikuchi, T. // *Materials & Design*. – 2014. – Vol. 54. –P. 87–95. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2013.07.090>.
14. Lampaert S.G.E. Experimental results on a hydrostatic bearing lubricated with a magnetorheological fluid / S.G.E. Lampaert, R.A.J. van Ostayen // *Current Applied Physics*. – 2019. – Vol. 19– P. 1441–1448.
15. J. Hesselbach. Development of bearings and a damper based on magnetically controllable fluids / J M Guldbakke and J Hesselbach // *J. Phys.: Condens. Matter*. – 2006. – Vol. 18. – P.14. DOI:10.1088/0953-8984/18/38/S29.
16. Xiaohu Wang. Rotordynamic coefficients of a controllable magnetorheological fluid lubricated floating ring bearing / Xiaohu Wang, Hongguang Li*, Guang Meng // *Tribology International*. – 2017. – Vol.114. – P. 1–14
17. Dimitrios A. Bompos. Rotordynamic analysis of a shaft using magnetorheological and nanomagnetorheological fluid journal bearings / Dimitrios A. Bompos, Pantelis G. Nikolakopoulos // *Tribology Transactions*. – 2016. – Vol. 59. – P. 108 – 118. DOI 10.1080/10402004.2015.1050137.
18. H. Urreta. Actively lubricated hybrid journal bearings based on magnetic fluids for high-precision spindles of machine tools / Harkaitz Urreta, Gorka Aguirre, Pavel Kuzhir, Luis Norberto Lopez de Lacalle // *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*. – 2019. – Vol. 0. – P.15. DOI: 10.1177/1045389X19862358
19. Xiaohu Wang. Stiffness and Damping Properties of (Semi) Floating Ring Bearing Using Magnetorheological Fluids as Lubricant / Xiaohu Wang, Hongguang Li, Wen Lu, Guang Meng // *Journal of Tribology*. – 2017. – Vol. 139. – P. 11.
20. Dimitrios A. Bompos. Experimental and analytical investigations of dynamic characteristics of magnetorheological and nanomagnetorheological fluid film journal bearing / Dimitrios A. Bompos, Pantelis G. Nikolakopoulos. // *Proceedings of ASME Turbo Expo 2014: Turbine Technical Conference and Exposition (GT2014)*. – June 16 – 20, 2014, Düsseldorf, Germany. – P.8.

21. Фетисов А.С. Расчет магнитной цепи опоры скольжения, смазываемой магнитореологическими жидкостями / Фетисов А.С. // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – №3 (335). – 2019. – С. – 69–74

22. Фетисов А.С. Экспериментальный стенд для исследования реомагнитных опор скольжения / Фетисов А.С., Запомель Я., Бондаренко М.Э., Тюрин В.О. // Известия ТулГУ; №3; 2019; С. 376–381

23. A. Fetisov Experimental installation for research of journal bearing, lubricated magnetoreological liquid / A. Fetisov, A. Babin, V. Tyurin // Proceedings of the 6th international conference on industrial engineering (icie 2020). – 6p.

Фетисов Александр Сергеевич

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
стажёр–исследователь ПНИЛ «Моделирование
гидромеханических систем»
E-mail: fetisov57rus@mail.ru

Тюрин Валентин Олегович

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
младший научный сотрудник ПНИЛ
«Моделирование гидромеханических систем»
E-mail: v7a7l7@mail.ru

A.S. FETISOV, V.O. TYURIN

MAGNETOREOLOGICAL JOURNAL BEARING: EXPERIMENTAL RESULTS

Abstract. *The article presents the classification of magnetorheological devices. The classification of bearings of rotor machines is given. An experimental stand is described that includes a magnetorheological journal bearing. The information-measuring system of the experimental stand is presented. The results of experimental study is presented.*

Keywords: *support unit, rotor machine, magnetorheological fluid, journal bearing.*

BIBLIOGRAPHY

1. Bossis G. Magnetorheology: fluids, structures and rheology. In: Odenbach S (ed.) / Bossis G, Volkova O, Lacis S. // Ferrofluids. Berlin, Heidelberg: Springer – 2003. – P. 202–230.
2. Lemaire E. Field induced structure in magneto and electro-rheological fluids / Lemaire E, Grasselli Y and Bossis G // Journal de Physique II France. – 1992. – Vol. 2. –P. 359–369.
3. Volkova O. Flow-induced structures in magnetorheological suspensions / Volkova O, Cutillas S, Carletto P // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 1999. – Vol.201.–P.66–69.
4. Kormann C. MR fluids with nano-sized magnetic particles / Kormann C, Laun HM, Richter HJ // International Journal of Modern Physics B. – 1996. – Vol.10. – P. 3167–3172.
5. Jang, I. M. Role of organic coating on carbonyl iron suspended particles in magnetorheological fluids. / Jang, I., Kim, H., Lee, J., You, J., Choi, H., & Jhon, M // Journal of Applied Physics. – 2005. – Vol. 97.
6. Cho, M. Encapsulation of spherical iron –particle with PMMA and its MR particles. / Cho, M. S., Lim, S. T., Jang, I. B., Choi, H. J., & John, M. S. // IEEE Transactions on Magnetics. – 2004. – Vol. 40(4). – P. 3036–3038.
7. Goncalves, F. Behavior of magnetorheological fluids at high velocities and high shear rates. / Goncalves, F., Ahmadian, M., Carlson, J. D // International Journal of Modern Physics B. – 2005. – Vol. 19(0709). – P. 1395–1401.
8. Rabbani, Y. An experimental study on the effects of temperature and magnetic field strength on the magnetorheological fluids stability and MR effect. / Rabbani, Y., Ashtiani, M., Hashemabadi, S. H //Soft Matter. – 2015. – Vol 11. – P. 4453–4460.
9. Du H. Direct voltage control of magnetorheological damper for vehicle suspensions / Du H., Lam, J., Cheung, K. // Smart Materials and Structures. – 2013. – Vol. 22(10). DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/0964-1726/22/10/105016>.
10. Park E.J. A performance evaluation of an automotive magnetorheological brake design with a sliding mode controller / Park, E.J., Stoikov, D., da Luz, L.F. // Mechatronics. – 2006. – Vol. 16(7). – P.405–416.
11. Kim K.J. Design and modeling of semi-active squeeze film dampers using magnetorheological fluids / Kim, K.J., Lee, C.W., Koo, J.H.// Smart Materials and Structures. – 2008. – Vol. 17(3).
12. Ma L. Dynamic characteristics analysis of a misaligned rotor-bearing system with squeeze film dampers / Ma L., Zhang J.H., Lin J.W. // Journal of Zhejiang University–SCIENCE A (Applied Physics & Engineering). – 2016. – Vol. 17(8). –P. 614–631.

13. Yazid I.I.M. Design of magnetorheological damper with a combination of shear and squeeze modes / Yazid, I.I.M., Mazlan, S.A., Kikuchi, T. // *Materials & Design*. – 2014. – Vol. 54. – P. 87–95. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2013.07.090>.
14. Lampaert S.G.E. Experimental results on a hydrostatic bearing lubricated with a magnetorheological fluid / S.G.E. Lampaert, R.A.J. van Ostayen // *Current Applied Physics*. – 2019. – Vol. 19 – P. 1441–1448.
15. J. Hesselbach. Development of bearings and a damper based on magnetically controllable fluids / J M Guldbakke and J Hesselbach // *J. Phys.: Condens. Matter*. – 2006. – Vol. 18. – P.14. DOI:10.1088/0953-8984/18/38/S29.
16. Xiaohu Wang. Rotordynamic coefficients of a controllable magnetorheological fluid lubricated floating ring bearing / Xiaohu Wang, Hongguang Li*, Guang Meng // *Tribology International*. – 2017. – Vol.114. – P. 1–14
17. Dimitrios A. Bompos Rotordynamic analysis of a shaft using magnetorheological and nanomagnetorheological fluid journal bearings / Dimitrios A. Bompos, Pantelis G. Nikolakopoulos // *Tribology Transactions*. – 2016. – Vol. 59. – P. 108 – 118. DOI 10.1080/10402004.2015.1050137.
18. H. Urreta. Actively lubricated hybrid journal bearings based on magnetic fluids for high-precision spindles of machine tools / Harkaitz Urreta, Gorka Aguirre, Pavel Kuzhir, Luis Norberto Lopez de Lacalle // *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*. – 2019. – Vol. 0. – P.15. DOI: 10.1177/1045389X19862358
19. Xiaohu Wang. Stiffness and Damping Properties of (Semi) Floating Ring Bearing Using Magnetorheological Fluids as Lubricant / Xiaohu Wang, Hongguang Li, Wen Lu, Guang Meng // *Journal of Tribology*. – 2017. – Vol. 139. – P. 11.
20. Dimitrios A. Bompos Experimental and analytical investigations of dynamic characteristics of magnetorheological and nanomagnetorheological fluid film journal bearing / Dimitrios A. Bompos, Pantelis G. Nikolakopoulos. // *Proceedings of ASME Turbo Expo 2014: Turbine Technical Conference and Exposition (GT2014)*. – June 16 – 20, 2014, Düsseldorf, Germany. – P.8.
21. Fetisov A.S. Raschet magnitnoy tsepi opory skolzheniya, smazyvayemoy magnitnoreologicheskimi zhidkostyami / Fetisov A.S. // *Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii*. – №3 (335). – 2019. – P. – 69–74.
22. Fetisov A.S. Eksperimentalnyy stend dlya issledovaniya reomagnitnykh opor skolzheniya / Fetisov A.S., Zapomel YA., Bondarenko M.E., Tyurin V.O. // *Izvestiya TulGU*; №3. – 2019/ – P. – 376–381.
23. Fetisov Experimental installation for research of journal bearing, lubricated magnetoreological liquid / A. Fetisov, A. Babin, V. Tyurin // *Proceedings of the 6th international conference on industrial engineering (icie 2020)*. – 6p.

Fetisov Alexander Sergeevich

Orel State University,

Trainee–researcher RL "Modeling of hydromechanical systems"

E–mail: fetisov57rus@mail.ru

Tyurin Valentin Olegovich

Orel State University

Junior Researcher RL "Modeling of hydromechanical systems"

E–mail: v7a7l7@mail.ru

УДК 621.865.8

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-91-94

Д.В. ШУТИН, А.В МАЛАХОВ, В.В. РОМАНОВ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОСТИ МОБИЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО РОБОТА

Аннотация. В статье рассмотрена проблема обеспечения устойчивости мобильного устройства строительного робота. Выявлены слабые места конструкции и проработаны пути модернизации. Построена расчетная схема, на основе которой были получены необходимые для нормальной работы системы параметры. На основе полученных результатов были подобраны необходимые комплектующие и собран опытный образец строительного робота.

Ключевые слова: строительный робот, строительная робототехника, мобильное устройство, расчет на устойчивость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная служба государственной статистики (Росстат) [Электронный ресурс] // Число поломок мобильной техники [электронный документ]. [2018]. URL: <https://www.gks.ru/storage/mediabank/demo23-1.xls> (дата обращения: 21.02.2020).
2. Оборудование для автоматизированной кладки кирпичных стен МКСК [Электронный ресурс]. – URL: <http://a-v-a.ru/index.php/real-projects/story/kamen..>

3. P. S. Lawrence, P. Nathan, C. T. Charles. Brick Laying System. – Патент США US2015082740 (A1), 2015.
 4. B. Dornsiepen. Mobile building–block–laying masonry machine. – Патент Германии DE2406588 (A1), 1975.
 5. N. Francois. Robotic Device for Building a Wall from Construction Blocks. – Патент WO2009044002 (A1), 2009.

6. Малахов А. В. Шутин Д.В. К обоснованию эффективности применения роботизированных устройств для выполнения кладки из мелкоштучных материалов с учетом технологических и экономических факторов / Интеграции, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: сборник материалов международной научной конференции // МГСУ (Москва, 16–17 ноября 2016); М.: Изд-во МГСУ, 2017. С. 270–274.

7. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для втузов. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 416 с.

Шутин Денис Владимирович
 ФГБОУ ВО «Орловский
 государственный университет
 имени И.С. Тургенева», г Орёл
 Кандидат технических наук,
 доцент кафедры мехатроники,
 механики и робототехники,
 научный сотрудник НОЦ
 Интеллектуальных технологий
 мониторинга и диагностики
 энергогенерирующего
 оборудования
 302020, г. Орел, Наугорское
 шоссе, 29
 Тел. 8 (4862) 42–98–85
 E-mail: rover.ru@gmail.com

Малахов Александр Валерьевич
 ФГБОУ ВО «Юго-Западный
 государственный университет», г.
 Курск
 Аспирант
 305040, Курская область, г. Курск,
 ул. 50 лет Октября, 94
 Тел. 8 920 808 6712
 E-mail: 4ega@inbox.ru

Романов Владислав Владимирович
 ФГБОУ ВО «Орловский
 государственный университет имени
 И.С. Тургенева», г Орёл
 Студент, стажер–исследователь
 НОЦ Интеллектуальных технологий
 мониторинга и диагностики
 энергогенерирующего оборудования
 302020, г. Орел, Наугорское шоссе,
 29
 Тел. 8 920 819 25–07
 E-mail: vlad162615@yandex.ru

D.V. SHUTIN, A.V. MALAKHOV, V.V. ROMANOV

THEORETICAL BASES OF SUSTAINABILITY OF MOBILE BUILDING ROBOT

Abstract. *The article considers the problem of ensuring the stability of a mobile device of a construction robot. Design weaknesses were identified and modernization paths worked out. A calculation scheme has been constructed on the basis of which the parameters necessary for the normal operation of the system have been obtained. Based on the results, the necessary components were selected and a prototype construction robot was assembled.*

Keywords: *building robot, construction robotics, mobile device, stability calculation.*

BIBLIOGRAPHY

1. Federal State Statistics Service (Rosstat) [Electronic resource] // Number of breakdowns of mobile equipment [electronic document]. [2018]. URL: <https://www.gks.ru/storage/mediabank/demo23-1.xls> (accessed: 02.21.2020).
2. Equipment for automated masonry of brick walls MKSK [Electronic resource]. – URL: <http://a-v.a.ru/index.php/real-projects/story/kamen>.
3. P. S. Lawrence, P. Nathan, C. T. Charles. Brick Laying System. – U.S. Patent US2015082740 (A1), 2015.
4. B. Dornsiepen. Mobile building–block–laying masonry machine. – German Patent DE2406588 (A1), 1975.
5. N. Francois. Robotic Device for Building a Wall from Construction Blocks. – Patent WO2009044002 (A1), 2009.
6. Malakhov A. V. Shutin D.V. To substantiate the effectiveness of the use of robotic devices for masonry of small-sized materials, taking into account technological and economic factors [Text] / Integrations, partnerships and innovations in construction science and education: a collection of materials of an international scientific conference // MGSU (Moscow, November 16–17, 2016); М.: Publishing house of MGSU, 2017. S. 270–274.
7. Targ S. M. A short course in theoretical mechanics: Textbook. for technical colleges. – 10th ed., Rev. and add. – М.: Higher. school., 1986. – 416 s.

Shutin Denis Vladimirovich
 Orel State University named after I.S.
 Turgenev, Orel
 Candidate of Sciences in Technology,
 Associate Professor at the
 Department of Mechatronics,
 Mechanics, and Robotics, research
 assistant of Scientific Educational
 Center Intelligent technologies for

Malakhov Alexander Valerievich
 Southwest State University, Kursk
 Graduate student
 305040, Kursk region, Kursk, 50
 years of October, 94
 Ph. 8 920 808 6712
 E-mail: 4ega@inbox.ru

Romanov Vladislav Vladimirovich
 Orel State University named after I.S.
 Turgenev, Orel
 Student, trainee researcher of
 Scientific Educational Center
 Intelligent technologies for
 monitoring and diagnostics of power
 generating equipment
 302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
 Ph. 8 920 819 25–07

monitoring and diagnostics of power
generating equipment
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph. 8 (4862) 42–98–85
E–mail: rover.ru@gmail.com

E–mail: vlad162615@yandex.ru

УДК 621.83

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-95-104

Р.Р. АБДУЛИН, В.А. ПОДШИБНЕВ, С.Л. САМСОНОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ КРУТИЛЬНОЙ ЖЕСТКОСТИ ВОЛНОВОЙ ПЕРЕДАЧИ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

Аннотация. Работа посвящена актуальной проблеме разработки механизмов на основе волновой передачи с промежуточными телами качения (ВПТК), обладающей высокими удельными масса–габаритными показателями, что особенно важно, для ее использования в приводных системах летательных аппаратов. Получены аналитические зависимости, позволяющие рассчитать крутильную жесткость ВПТК в режиме мультипликатора и редуктора. Определен периодический характер изменения крутильной жесткости, обусловленный взаиморасположением элементов ВПТК, а именно угловым положением волнообразователя относительно жесткого колеса. Приведены результаты экспериментальных исследований крутильной жесткости ВПТК, которые подтверждают периодический характер изменения крутильной жесткости ВПТК.

Ключевые слова: волновая передача с промежуточными телами качения, крутильная жесткость, нагрузочная характеристика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.И. Бабицкий, В.Л.Крупенин. Колебания в сильно нелинейных системах // Москва, Наука, 1985, 320 с.
2. Н.В. Крылов. Исследование жесткости и прочности волновой передачи с телами качения электромеханического силового привода летательного аппарата» диссертация кандидата технических наук: 05.02.02 / [Место защиты: Моск. гос. авиац. ин–т]// Москва, 2014. 149 с.
3. Янгулов В.С., Беляев А.Е. Элементы расчёта жесткости волновой передачи с промежуточными телами качения // Известия ТПУ. 2008. №3. С.69–73.
4. В.Ю. Тимофеев, В.Ю. Бегляков, М.В. Дохненко. Определение параметров силового взаимодействия элементов волновой передачи с полым валом и промежуточными телами качения в трансмиссии геохода.// Материалы V Международной научно–практической конференции «Инновационные технологии и экономика в машиностроении» с. 301–307. // 21 – 23 мая 2015.
5. И–Кан Ан, Ф. Р. Алиев, А. В. Лазуркевич Силовой и прочностной расчеты волновой передачи с шариковыми промежуточными телами. Сборник докладов научно–практической конференции «Теория и практика зубчатых передач и редукторостроения» с. 115–119/Ижевск, 16–18 мая 2017
6. Р.Р. Абдулин, В.А. Подшибнев, С.Л. Самсонович Обоснование принципа действия волновой передачи с промежуточными телами качения как следящей системы «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии» № 1 (339) 2020 // с.94–102
7. А.Н. Геращенко, С.Л. Самсонович. Пневматические, гидравлические и электрические приводы летательных аппаратов на основе волновых исполнительных механизмов под ред. А.М. Матвеевко. // Москва. 2006. 390с.
8. Ю.В. Костиков, Г.А. Тимофеев, Ф.И. Фурсяк Исследование крутильной жесткости волновых зубчатых передач внешнего деформирования с гибким колесом–кольцом // Известия вузов. Машиностроение. 2012. №8.
9. А.И. Полетучий. Теоретическое исследование крутильной жесткости и упругого мертвого хода волновой передачи с одним и двумя гибкими колесами // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов.– Х.: Нац. аэрокосмический ун–т им. Н. Е. Жуковского "ХАИ". – 2002. Вып. 30 (3) – с. 97–112.
10. А.И. Полетучий. Сравнение крутильной жесткости волновой зубчатой передачи (ВЗП) с одним и двумя гибкими колесами // Авиационно–космическая техника и технология. – Харьков: Нац. аэрокосмический ун–т "Харьк. авиац. ин–т." – 2001. Вып. 25 –с. 134–140.
11. Гольдсмит В. Удар. Теоретические и физические свойства соударяемых тел. // Москва. 1965. 448с

Подшибнев Владимир Александрович
Московский авиационный институт
(национальный исследовательский
университет), аспирант,
Волоколамское шоссе, 4, Москва, А–80,
ГСП–3, 125993, Россия,
podshibneff@mail.ru

Самсонович Семен Львович
Московский авиационный
институт (национальный
исследовательский
университет), профессор,
д.т.н.,
Волоколамское шоссе, 4,
Москва, А–80, ГСП–3,

Абдулин Рашид Раисович
АО Московский научно–
производственный комплекс
«Авионика» имени О.В.
Успенского, к.т.н.
ул. Образцова 7, 127055,
Россия, главный конструктор,
abdulin@mnprk.ru

R.R. ABDULIN, V.A. PODSHIBNEV, S.L. SAMSONOVICH

RESEARCH OF TORSIONAL STIFFNESS OF HARMONIC GEAR WITH INTERMEDIATE ROLLING BODIES

Abstract. *The work is devoted to the urgent problem of developing mechanisms based on wave transmission with intermediate rolling elements (HGRE), which has high specific mass-dimensional parameters, which is especially important for its use in aircraft drive systems. Analytical dependences are obtained that make it possible to calculate the torsional stiffness of HGRE in the multiplier and reduction gear modes. The periodic value of the change in torsional stiffness is determined, due to the relative position of the HGRE elements, namely, the angular position of the wave-former relative to the hard wheel. The results of experimental studies of the torsional stiffness of HGRE are presented, which confirm the periodic value of the change in torsional stiffness of HGRE*

Keywords. *harmonic transmission with intermediate rolling bodies, torsional stiffness, load characteristic.*

BIBLIOGRAPHY

1. V.I. Babitsky, V.L. Krupenin. Oscillations in strongly nonlinear systems // Moscow, Nauka, 1985, p.320
2. N.V. Krylov. Research of rigidity and strength of a wave transmission with rolling bodies of an electromechanical power drive of an aircraft »the dissertation of the candidate of technical sciences: 05.02.02 / [Protection: Mosk. state Aviation Institute] // Moscow, 2014. 149 pages.
3. Yangulov V.S., Belyaev A.E. Elements for calculating the stiffness of wave transmission with intermediate rolling bodies // News of TPU. 2008. No3. S.69–73.
4. V.Yu. Timofeev, V.Yu. Beglyakov, M.V. Dokhnenko. Determination of the parameters of the force interaction of the wave transmission elements with a hollow shaft and intermediate rolling elements in the transmission of the geohod. // Materials of the V International Scientific and Practical Conference "Innovative Technologies and Economics in Mechanical Engineering" p. 301–307. // May 21 – 23, 2015.
5. I-Kan An, F. R. Aliev, A. V. Lazurkevich Strength and strength calculations of wave transmission with ball intermediate bodies. Collection of reports of the scientific-practical conference "Theory and practice of gears and gear construction" p. 115–119 // Izhevsk, May 16–18, 2017
6. R.R. Abdulin, V.A. Podshibnev, S.L. Samsonovich Justification of the principle of the action of wave transmission with intermediate rolling elements as a tracking system "Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology" No. 1 (339) 2020 // p.94–102
7. A.N. Gerashchenko, S.L. Samsonovich. Pneumatic, hydraulic and electric drives of aircraft based on wave actuators ed. A.M. Matveenko. // Moscow. 2006.390 s.
8. Yu.V. Kostikov, G.A. Timofeev, F.I. Fursyak Investigation of torsional stiffness of wave gears of external deformation with a flexible ring-wheel // News of Universities. Engineering. 2012. No8.
9. A.I. Poletuchy. Theoretical study of torsional stiffness and elastic dead travel of a wave transmission with one and two flexible wheels // Issues of design and manufacture of aircraft structures. – X.: Nat. Aerospace University N.E. Zhukovsky "KhAI". – 2002. Issue. 30 (3) – p. 97–112
10. A.I. Flying. Comparison of torsional stiffness of a wave gear train (CDW) with one and two flexible wheels // Aerospace Engineering and Technology. – Kharkov: Nat. Aerospace University "Kharkiv. Aviation. Institute." – 2001. Issue. 25 p. 134–140.
11. Goldsmith W. Impact. Theoretical and physical properties of colliding bodies. // Moscow. 1965.448 pages

Podshibnev Vladimir Alexandrovich
Moscow Aviation Institute (National
Research University),
graduate student
Volokolamsk Highway 4, Moscow,
A-80, GSP-3, 125993, Russia,
podshibneff@mail.ru

Samsonovich Semen Lvovich
Moscow Aviation Institute (National
Research University),
Doctor of Technical Sciences,
Professor,
Volokolamsk Highway 4, Moscow,
A-80, GSP-3, 125993, Russia,
samsonovich40@mail.ru

Abdulin Rashid Raisovich
Moscow joint stock company
"Avionics" named after O.V.
Uspensky,
chief designer, Ph.D
.st. Obratsova 7, 127055, Russia,
abdulin@mnpk.ru

УДК 621.82

DOI:10.33979/2073-7408-2020-341-3-105-111

Л.А. САВИН, М.В. БЫЧКОВ, Д.Л. КОЗЫРЕВ, Н.А. МАРАХИН

ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ РОТОРОВ С УПРАВЛЯЕМЫМИ УПРУГО-ДЕМПФЕРНЫМИ ОПОРАМИ

Аннотация. Проведен краткий анализ применения упругодемпферных опор высокоскоростных роторных агрегатов. Рассмотрены принципы работы УДО с дискретным управлением режимами функционирования на основе структурной адаптации. Представлена математическая модель расчета динамических характеристик роторов. Сделан краткий обзор перспектив применения подшипниковых узлов с управляемыми параметрами.

Ключевые слова: динамика роторов, критические частоты, вынужденные и полигармонические колебания, траектории движения, упругодемпферные опоры (УДО), автоматизированная диагностика, контроль параметров, активное управление, сенсорные элементы, исполнительные устройства.

Материалы доклада подготовлены в рамках выполнения проекта РНФ №16–19–00186

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдин А.С. Вибрация роторных машин. – М.: Машиностроение, 2000. – 344 с.
2. Кельзон А.С., Циманский Ю.П., Яковлев В.И. Динамика роторов в упругих опорах. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 280с.
3. Лазуткин, Г.В. Динамика виброзащитных систем с конструкционным демпфированием/ Г.В. Лазуткин. – Самара: СамГУПС, 2010. – 291 с.
4. Сергеев С.И. Демпфирование механических колебаний. –М.: Физматгиз, 1959.–408с.
5. Белоусов А.И. Теория и проектирование гидродинамических демпферов опор роторов. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2002. – 335 с.
6. Савин Л.А., Бычков М.В., Корнаев А.В., Майоров С.В., Попиков А.А. Упругодемпферная опора ротора с активным управлением. Патент РФ № 2569208 от 30.04.2014 г. (опубл. 20.11.2015 г. (9.101.2014/К)).
7. Савин Л.А., Соломин О.В. Моделирование роторных систем с подшипниками жидкостного трения. – М.: Машиностроение–1, 2006. – 334 с.

Савин Леонид Алексеевич

ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орел
д.т.н., профессор, профессор кафедры мехатроники,
механики и робототехники
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
8(4862) 41–98–49
savin3257@mail.ru

Бычков Михаил Владимирович

ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орел
аспирант
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
8(4862) 41–98–49
mechatronics.orel@yandex.ru

Козырев Дмитрий Леонидович

ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орел
инженер кафедры мехатроники, механики и
робототехники
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
8(4862) 41–98–49
mechatronics.orel@yandex.ru

Марахин Никита Алексеевич

ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орел
студент
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
8(4862) 41–98–49
mechatronics.orel@yandex.ru

L.A. SAVIN, M.V. BYCHKOV, D.L. KOZYREV, N.A. MARAKHIN

LOCUSES OF ROTORS WITH CONTROLLABLE ELASTIC AND DAMPING SUPPORTS

Abstract. The paper represents a brief analysis of elastic and damping supports of high-speed rotors. The operating principles of the supports are connected with discrete control systems and based on structural adaptation. A mathematical model for calculating the dynamic characteristics of rotors is presented. A brief overview of the prospects for the use of bearing assemblies with controlled parameters is made.

Keywords: rotor dynamics, critical frequencies, forced and polyharmonic oscillations, motion paths, elastic damping supports, automated diagnostics, active control, sensor elements, actuators.

BIBLIOGRAPHY

1. Goldin A.S. Vibratsiya rotornyh mashin. – М.: Mashinostroenie, 2000. – 344 p.
2. Kelzon A.S., Tsymansky Yu.P., Yakovlev V.I. Dynamica rotorov v uprugih oporah. – М.: Nauka, Glavnaya redakziya fiziko-matematicheskoy literatury, 1982. – 280 p.
3. Lazutkin G.V. Dinamica vibrozashitnyh system s konstruktzionnim dempfirovaniem. – Samara: SamGUPS, 2010. – 291 p.
4. Sergeev S.I. Dempfirovanie mehanicheskikh kolebaniy. –М.: Fizmatgiz, 1959.–408 p.

5. Belousov A.I. Teoriya i proektirovanie gidrodinamicheskikh dempferov opor rotorov. – Samara: SNC RAI, 2002. – 335 p.

6. Savin L.A., Bychkov M.V., Kornaev A.V., Mayorov S.V., Popikov A.A. Uprugodempfnaya opora rotora s aktivnym upravleniem. Patent RF № 2569208 ot 30.04.2014. (opubl. 20.11.2015 г. (9.101.2014/К)).

7. Savin L.A., Solomin O.V. Modelirovanie rotornih system s poddhipnikamy zhidkostnogo treniya. – M.: Mashinostroyeniye–1, 2006. – 444 p.

Savin Leonid Alekseevich

OSU named after I.S. Turgenev, Orel
doctor of sciences, professor, professor at the department
of mechatronics, mechanics and robotics
302020, Orel, Naugorskoye shosse, 29
8(4862) 41–98–49
savin3257@mail.ru

Bychkov Mikhail Vladimirovich

OSU named after I.S. Turgenev, Orel
post graduate student
302020, Orel, Naugorskoye shosse, 29
8(4862) 41–98–49
mechatronics.orel@yandex.ru

Kozyrev Dmitry Leonidovich

OSU named after I.S. Turgenev, Orel
engineer
302020, Orel, Naugorskoye shosse, 29
8(4862) 41–98–49
mechatronics.orel@yandex.ru

Marakhin Nikita Alekseevich

OSU named after I.S. Turgenev, Orel
student
302020, Orel, Naugorskoye shosse, 29
8(4862) 41–98–49
mechatronics.orel@yandex.ru

ПРИБОРЫ, БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 616–037

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-112-121

А.В. ЖИДКОВ, А.А. МАКАРОВ, К.В. ПОДМАСТЕРЬЕВ,
М.П. ЖИЛЬЦОВ, Д.Е. ЧЕКМАРЕВА

АНАЛИЗ ПРЕДИКТОРОВ ЭПИЛЕПТИЧЕСКИХ ПРИСТУПОВ

Аннотация. В статье приведены статистические данные эпилепсии, рассмотрены этиология и патогенез заболевания. Выделены основные причины, влияющие на возникновение эпилептических приступов, и возможные предикторы, чувствительные к этим причинам (скорость метаболизма, изменение уровня кровотока, изменение электрической активности мозга). В качестве одного из возможных внутренних физиологических параметров – предикторов приступов предлагается рассмотреть динамику кровотока в общей сонной артерии, снабжающей головной мозг кислородом и питательными веществами.

Ключевые слова: эпилепсия, предикторы, скорость кровотока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Epilepsy: A Comprehensive Textbook / editors, Jerome Engel [et. al.]. 2–е изд. – Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins, 2007. Т.1 – 1116 с.
2. Beghi E., Giussani G., Nichols E. [et. al.]. Global, regional, and national burden of epilepsy, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016 // The Lancet Neurology. 2019. 18. № 4. С. 357–375.
3. Зенков Л.Р. Клиническая эпилептология (с элементами нейрофизиологии): Руководство для врачей. 2–е изд. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2010 – 408 с.: ил.
4. Kariuki S. M., Chengo E., Ibinda F. [et. al.]. Burden, causes, and outcomes of people with epilepsy admitted to a rural hospital in Kenya // Epilepsia. 2015. 56. № 4. С. 577–584.
5. Kale R. Global Campaign Against Epilepsy: The Treatment Gap // Epilepsia. 2002. 43. № 6. С. 31–33.
6. Pen–Ning Yu, Shokofeh Naiini, Christi N. Heck, Charles Y. Liu, Dong Song, Theodore Berger. A Sparse Laguerre–Volterra Autoregressive Model for Seizure Prediction in Temporal Lobe Epilepsy.
7. Zaghoul Saad Zaghoul, Magdy Bayoumi. Early Prediction of Epilepsy Seizures VLSI BCI System // eess.SP. 2019. С. 1–16.
8. Крючкова М.В., Поронов А.А., Исмаилов М.Ф. [et. al.]. Ретроспективный анализ предикторов эпилептического приступа // Казанский медицинский журнал. 2012. 93. № 6. С. 913–915.
9. McKee H. R., Privitera M. D. Stress as a seizure precipitant: Identification, associated factors, and treatment options // Seizure. 2017. 44. С. 21–26.
10. Okudan Z. V., Özkara Ç. Reflex epilepsy: triggers and management strategies // Neuropsychiatric disease and treatment. 2018. 14. С. 327–337.

11. Авакян Г.Н., Блинов Д.В., Лебедева А.В. [et. al.]. Эпилепсия и пароксизмальные состояния: Классификация эпилепсии международной противоэpileптической лиги: пересмотр и обновление 2017 года // Эпилепсия и пароксизмальные состояния. 2017. № 1.
12. Белоусова Е.Д., Заваденко Н.Н., Холин А.А. [et. al.]. Новые международные классификации эпилепсий и эпилептических приступов Международной лиги по борьбе с эпилепсией // Журнал неврологии и психиатрии имени С.С. Корсакова. 2017. 117. № 7. С. 99–106.
13. Кандыба Д.В., Сокуренок Г.Ю. Нарушение мозгового кровообращения при патологии экстракраниальных артерий – С.Пб.: Издательский центр «Золотая книга», 2003 – 708 с.: ил.
14. Ф.П. Ступин, О.В. Татков. Общий анализ крови: Информационный сборник – М.: Издательские решения, 2017 – 78 с.
15. F. A. Gibbs, W. G. Lennox, E.L. Gibbs. Cerebral blood flow preceding and accompanying epileptic seizures in man // Archives of Neurology and Psychiatry. 1934. 32. № 2. С. 257–272.
16. H. Bode. Intracranial blood flow velocities during seizures and generalized epileptic discharges // European Journal of Pediatrics. 1992. 151. № 9. С. 706–709.
17. Ingvar M. Cerebral Blood Flow and Metabolic Rate during Seizures: Relationship to Epileptic Brain Damage // Ann N Y Acad Sci. 1986. 462. С. 194–206.

Жидков Алексей Владимирович

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл
к.т.н., старший преподаватель кафедры
приборостроения, метрологии и сертификации
302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
Телефон: +79536222332
E-mail: alexeyzhidkov54@yandex.ru

Макаров Алексей Александрович

БУЗ ОО «НКМЦ им. З.И. Круглой»
Врач-невролог эпилептолог
Телефон: +79536210674
E-mail: useto@rambler.ru

Подмастерьев Константин Валентинович

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл
д.т.н., профессор, зав. кафедрой приборостроения,
метрологии и сертификации
302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
Телефон (84862) 41–98–03
E-mail: asms-orel@mail.ru

Жильцов Михаил Петрович

Инженер-конструктор ООО «НПП «АСТРОН
ЭЛЕКТРОНИКА»
Телефон: +79536291236
E-mail: mik2015zh@yandex.ru

Чекмарева Дарья Евгеньевна

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл
студент 4 курса кафедры приборостроения,
метрологии и сертификации
302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
Телефон: +79803680052
E-mail: daryaachk@yandex.ru

A.V. ZHIDKOV, A.A. MAKAROV, K.V. PODMASTERYEV,
M.P. ZHILTSOV, D.E. CHEKMAREVA

ANALYSIS OF PREDICTORS OF EPILEPTIC SEIZURES

Abstract. *The statistical data on epilepsy, etiology and pathogenesis of the disease are given in the article. The main causes that affect the occurrence of epileptic seizures, and possible predictors that are sensitive to these causes (metabolic rate, blood flow velocity, change in electrical activity of the brain) are highlighted. The blood flow dynamics in the common carotid artery, which supplies the brain with oxygen and nutrients is proposed to be considered as one of the possible internal physiological parameters that are believed to be predictors of epileptic seizures.*

Keywords: *epilepsy, predictors, blood flow velocity.*

BIBLIOGRAPHY

1. Epilepsy: A Comprehensive Textbook / editors, Jerome Engel [et. al.]. 2–e izd. – Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins, 2007. T.1 – 1116 c.
2. Beghi E., Giussani G., Nichols E. [et. al.]. Global, regional, and national burden of epilepsy, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016 // The Lancet Neurology. 2019. 18. № 4. S. 357–375.
3. Zenkov L.R. Klinicheskaya epileptologiya (s elementami nejrofiziologii): Rukovodstvo dlya vrachej. 2–e izd. – М.: ООО «Medicinskoe informacionnoe agentstvo», 2010 – 408 s.: il.

4. Kariuki S. M., Chengo E., Ibinda F. [et. al.]. Burden, causes, and outcomes of people with epilepsy admitted to a rural hospital in Kenya // *Epilepsia*. 2015. 56. № 4. S. 577–584.
5. Kale R. Global Campaign Against Epilepsy: The Treatment Gap // *Epilepsia*. 2002. 43. № 6. S. 31–33.
6. Pen–Ning Yu, Shokofeh Naiini, Christi N. Heck, Charles Y. Liu, Dong Song, Theodore Berger. A Sparse Laguerre–Volterra Autoregressive Model for Seizure Prediction in Temporal Lobe Epilepsy.
7. Zaghoul Saad Zaghoul, Magdy Bayoumi. Early Prediction of Epilepsy Seizures VLSI BCI System // *eess.SP*. 2019. S. 1–16.
8. Kryuchkova M.V., Porunov A.A., Ismagilov M.F. [et. al.]. Retrospektivnyj analiz prediktorov epilepticheskogo pristupa // *Kazanskij medicinskij zhurnal*. 2012. 93. № 6. S. 913–915.
9. McKee H. R., Privitera M. D. Stress as a seizure precipitant: Identification, associated factors, and treatment options // *Seizure*. 2017. 44. S. 21–26.
10. Okudan Z. V., Özkara Ç. Reflex epilepsy: triggers and management strategies // *Neuropsychiatric disease and treatment*. 2018. 14. S. 327–337.
11. Avakyan G.N., Blinov D.V., Lebedeva A.V. [et. al.]. Epilepsiya i paroksizmalnye sostoyaniya: Klassifikaciya epilepsii mezhdunarodnoj protivoepilepticheskoy ligi: peresmotr i obnovlenie 2017 goda // *Epilepsiya i paroksizmalnye sostoyaniya*. 2017. № 1.
12. Belousova E.D., Zavadenko N.N., Holin A.A. [et. al.]. Novye mezhdunarodnye klassifikacii epilepsij i epilepticheskikh pristupov Mezhdunarodnoj ligi po borbe s epilepsiej // *ZHurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2017. 117. № 7. S. 99–106.
13. Kandyba D.V., Sokurenko G.YU. Narushenie mozgovogo krovoobrashcheniya pri patologii ekstrakraniynyh arterij – S.Pb.: Izdatelskij centr «Zolotaya kniga», 2003 – 708 s.: il.
14. F.P. Stupin, O.V. Tatkov. Obshchij analiz krovi: Informacionnyj sbornik – M.: Izdatelskie resheniya, 2017 – 78 c.
15. F. A. Gibbs, W. G. Lennox, E.L. Gibbs. Cerebral blood flow preceding and accompanying epileptic seizures in man // *Archives of Neurology and Psychiatry*. 1934. 32. № 2. S. 257–272.
16. H. Bode. Intracranial blood flow velocities during seizures and generalized epileptic discharges // *European Journal of Pediatrics*. 1992. 151. № 9. S. 706–709.
17. Ingvar M. Cerebral Blood Flow and Metabolic Rate during Seizures: Relationship to Epileptic Brain Damage // *Ann N Y Acad Sci*. 1986. 462. S. 194–206.

Zhidkov Aleksey Vladimirovich

State University OSU named after I.S.Turgenev,
Orel, PhD in Engineering sciences, Senior Lecturer
at the Department of Instrument Engineering,
Metrology and Certification
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Phone: +79536222332
E-mail: alexeyzhidkov54@yandex.ru

Makarov Aleksey Aleksandrovich

Scientific and clinical multidisciplinary center for
medical care for mothers and children named after
Z.I. Krugloy Neurologist Epileptologist
Phone: +79536210674
E-mail: useto@rambler.ru

Podmasteryev Konstantin Valentinovich

State University OSU named after I.S.Turgenev,
Orel, Grand PhD in Engineering sciences,
professor
Head of the Department of Instrument
Engineering, Metrology and Certification
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Phone: (84862) 41–9803
E-mail: asms-orel@mail.ru

Zhiltsov Mihail Petrovich

Research Officer of Research and Education
Center "Diatranspibor"
Phone: +79536291236
E-mail: mik2015zh@yandex.ru

Chekmareva Darya Evgenievna

State University OSU named after I.S.Turgenev,
Orel, student at the Department of Instrument
Engineering, Metrology and Certification
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Phone: +79803680052
E-mail: daryaachk@yandex.ru

С ВЕКТОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Аннотация. Сервоприводы переменного тока с векторным управлением, обеспечивающие недостижимые ранее показатели качества управления различными объектами, являются базовой частью современного прецизионного автоматизированного оборудования. Они являются сложными техническими устройствами, дальнейшее совершенствование которых идет в направлении повышения их интеллектуальности и универсальности. В статье анализируются особенности структуры и настройки отечественных сервоприводов с векторным управлением типов СПС и СПШ, обеспечивающие эффективное использование их широких функциональных возможностей. Определяются правила и порядок настройки цифрового ПИД-регулятора в системе подчиненного управления с использованием программно-аппаратных средств сервопривода. При этом обеспечивается оптимизация процесса управления движением исполнительных устройств.

Ключевые слова: сервопривод, векторное управление, подчиненное регулирование, цифровой ПИД-регулятор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бычков М.Г., Ладыгин А.Н. Современный сервопривод – классификация и терминология // Докл. науч.-метод. семинара «Сервопривод» – М.: Издательство МЭИ, 2013. – С. 5–22.
2. Высокоточные приводы, сервоприводы и системы ЧПУ Siemens // Продукция Siemens [Электронный ресурс]. URL: http://www.tekhar.com/Programma/Siemens/Privod_tech/Preobrazovateli/Servo/index_servo.htm (дата обращения: 10.01.2020).
3. Ицкович Э.Л. Интеллектуальность средств и систем автоматизации // Автоматизация в промышленности, 2005, №6. – С. 3–8.
4. Ромашков А.Л., Ладыгин А.Н. Современные структуры синхронизации осей сервоприводов // Инновации и инвестиции, 2018, №6. – С. 211–215.
5. Как правильно выбрать метод управления преобразователем частоты? // Electrician [Электронный ресурс]. URL: <https://elenergi.ru/kak-pravilno-vybrat-metod-upravleniya-preobrazovatelem-chastoty.html> (дата обращения: 10.01.2020).
6. ЗАО «Завод мехатронных изделий». Продукция // [Электронный ресурс]. URL: <http://zaozmi.ru/catalog.html> (дата обращения: 13.01.2020).
7. Тихонов А.О., Щербаков В.Л. Универсальный сервопривод СПШ10 // Автоматизация в промышленности, 2009, №1. – С. 18–21.
8. Онищенко Г.Б. Теория электропривода: Учебник. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 294 с.
9. Добробаба Ю.М., Мурлин А.Г., Шпилев А.А. Особенности управления перемещением исполнительного органа электропривода переменного тока // Известия высших учебных заведений. Электромеханика, 2013, №3. – С. 47–51.
10. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. – М.: Горячая линия–Телеком, 2013. – 606 с.: ил.
11. Язык программирования СПШ и СПС // [Электронный ресурс]. URL: <http://zaozmi.ru/doc/sps-doc.html> (дата обращения: 13.01.2020).
12. Фираго Б.И., Александровский С.В. Свойства, характеристики и параметры синхронного двигателя с постоянными магнитами при векторном и скалярном частотном управлении // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика, 2019, Том 62, №3 – С. 205–218.
13. Шрейнер Р.Т., Медведев А.В., Поляков В.Н. Электромеханические характеристики частотно-регулируемого синхронного электропривода в непрерывных периодических режимах работы // Электротехника, 2016, №6. – С. 25а–31.
14. Astrom K.J., Hagglung T. Advanced PID control. – ISA. The Instrumentation Systems and Automation Society, 2006/ – 460 p.
15. Методика настройки цифрового ПИД-регулятора. – ООО «Автоматика», СПб // [Электронный ресурс]. URL: <http://www.automatix.ru/articles/?id=29244> (дата обращения: 13.01.2020).
16. Изерман Р. Цифровые системы управления. – М.: Мир, 1984. – 541с.

Евсиков Александр Александрович
Филиал «Протвино» государственного
университета «Дубна», г. Протвино
Кандидат технических наук,
директор филиала
142281 г. Протвино Московской
области,
Северный проезд, 9.
Телефон: 8-(4967)-31-01-91
E-mail: eaa@uni-protvino.ru

Коковин Валерий Аркадьевич
Филиал «Протвино»
государственного
университета «Дубна», г.
Протвино
Кандидат технических наук,
доцент
кафедры автоматизации
технологических
процессов и производств

Леонов Анатолий Петрович
Филиал «Протвино»
государственного
университета «Дубна», г.
Протвино
Кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
заместитель директора филиала
по учебной и научной работе
142280 г. Протвино
Московской области,

142281 г. Протвино Московской
области,
Северный проезд, 9.
Телефон: 8-(4967)-31-01-91
E-mail: alekskv@mail.ru

Северный проезд, 9.
Телефон: 8-(4967)-31-01-91
E-mail:
anatoli.leonov@gmail.com

A.A. EVSIKOV, V.A. KOKOVIN, A.P. LEONOV

ON PECULIARITIES OF THE STRUCTURE AND TUNING OF DOMESTIC SERVO DRIVES WITH VECTOR CONTROL

Abstract. Vector-controlled AC servo drives, providing previously unattainable performance indicators for controlling various objects, are a basic part of modern precision automated equipment. They are complex technical devices, the further improvement of which goes in the direction of increasing their intelligence and universality. The article analyzes the structural peculiarities and settings of domestic servo drives with vector control of the types of SPS and SPSH, ensuring the effective use of their wide functional capabilities. The rules and procedure for setting the digital PID controller in the subordinate regulation system using the hardware and software of the servo drives are determined. This ensures the optimisation of the process of controlling the movement of actuators.

Keywords: servo drive, vector control, subordinate regulation, digital PID controller.

BIBLIOGRAPHY

1. Bychkov M.G., Ladygin A.N. Sovremennyy servoprivod – klassifikatsiya i terminologiya // Dokl. nauch.-metod. seminarov «Servoprivod» – M.: Izdatelstvo MEI, 2013. – P. 5–22.
2. Vysokotochnye privody, servoprivody i sistemy CHPU Siemens // Produkcija Siemens [Elektronnyj resurs]. URL: http://www.tekhar.com/Programma/Siemens/Privod_tech/Preobrazovateli/Servo/index_servo.htm (data obrashcheniya: 10.01.2020).
3. Ickovich E.L. Intellektualnost sredstv i sistem avtomatizatsii // Avtomatizatsiya v promyshlennosti, 2005, №6. – P. 3–8.
4. Romashkov A.L., Ladygin A.N. Sovremennye struktury sinhronizatsii osey servoprivodov // Innovatsii i investitsii, 2018, №6. – P. 211–215.
5. Kak pravilno vybrat metod upravleniya preobrazovatelem chastoty? // Electrician [Elektronnyj resurs]. URL: <https://elenergi.ru/kak-pravilno-vybrat-metod-upravleniya-preobrazovatelem-chastoty.html> (data obrashcheniya: 10.01.2020).
6. ZAO «Zavod mekhatronnykh izdelij». Produkcija // [Elektronnyj resurs]. URL: <http://zaozmi.ru/catalog.html> (data obrashcheniya: 13.01.2020).
7. Tihonov A.O., SHHerbakov V.L. Universalnyj servoprivod SPSH10 // Avtomatizatsiya v promyshlennosti, 2009, №1. – P. 18–21.
8. Onishchenko G.B. Teoriya elektroprivoda: Uchebnik. – M.: NIC INFRA-M, 2015. – 294 p.
9. Dobrobaba YU.M., Murlin A.G., SHpilev A.A. Osobennosti upravleniya peremeshcheniem ispolnitelnogo organa elektroprivoda peremennogo toka // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Elektromekhanika, 2013, №3. – P. 47–51.
10. Denisenko V.V. Kompyuternoe upravlenie tekhnologicheskimi processami, eksperimentom, oborudovaniem. – M.: Goryachaya liniya–Telekom, 2013. – 606 p.: il.
11. Yazyk programirovaniya SPSH i SPS // [Elektronnyj resurs]. URL: <http://zaozmi.ru/doc/sps-doc.html> (data obrashcheniya: 13.01.2020).
12. Firago B.I., Aleksandrovskij S.V. Svoystva, harakteristiki i parametry sinhronnogo dvigatelya s postoyannymi magnitami pri vektornom i skalyarnom chastotnom upravlenii // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij i energeticheskikh ob"edinenij SNG. Energetika, 2019, Tom 62, №3 – P. 205–218.
13. SHrejner R.T., Medvedev A.V., Polyakov V.N. Elektromekhanicheskie harakteristiki chastotno-reguliruemogo sinhronnogo elektroprivoda v nepreryvnykh periodicheskikh rezhimakh raboty // Elektrotekhnika, 2016, №6. – P. 25a–31.
14. Astrom K.J., Hagglung T. Advanced PID control. – ISA. The Instrumentation Systems and Automation Society, 2006/ – 460 p.
15. Metodika nastroyki cifrovogo PID–regulyatora. – OOO «Avtomatika», SPb // [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.automatix.ru/articles/?id=29244> (data obrashcheniya: 13.01.2020).
16. Izerman R. Cifrovye sistemy upravleniya. – M.: Mir, 1984. – 541 p.

Evsikov Aleksandr Aleksandrovich
Protvino branch Dubna State
University,
Protvino, candidate of technical
sciences,
Director of Protvino branch,
142281 Protvino, Moscow region,
Severnyy proezd, 9

Kokovin Valery Arkadievich
Protvino branch Dubna State
University,
Protvino, candidate of technical
sciences,
associate Professor of the
Department

Leonov Anatoli Petrovich
Protvino branch Dubna State
University,
Protvino, candidate of technical
sciences,
senior staff scientist, Deputy Director
of the branch
for educational and scientific work

Telefon: 8–(4967)–31–01–91
E–mail: eaa@uni-protvino.ru

of automation of technological
processes and production
142281 Protvino, Moscow region,
Severnoy proezd, 9
Telefon: 8–(4967)–31–01–91
E–mail: alekskv@mail.ru

142281 Protvino, Moscow region,
Severnoy proezd, 9
Telefon: 8–(4967)–31–01–91
E–mail: anatoli.leonov@gmail.com

УДК 535.361+535.362

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-131-139

И.О. КОЗЛОВ

ОБЗОР ПОДХОДОВ К ОПИСАНИЮ ПРОЦЕССОВ РАССЕИВАНИЯ СВЕТА В БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЯХ

Аннотация. В статье рассмотрены различные подходы к моделированию процессов рассеивания света в биологических тканях. Рассмотрены аналитическое уравнение переноса излучения, подход Тверского, уравнение Бете–Солпитера и его лестничная аппроксимация. Для случаев однократного рассеивания приводится подход Кубелки–Мунка, диффузионное приближение и метод малых возмущений. В работе раскрыты математические основы рассмотренных методов и проанализированы границы применимости для решения уравнения переноса излучения.

Ключевые слова: оптическая неинвазивная диагностика, биологическая ткань, уравнение переноса излучения, моделирование процессов рассеивания.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19–32–90253.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тучин В.В. Оптическая биомедицинская диагностика/ В.В. Тучин // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Физика. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени НГ Чернышевского», 2005. – 5 – 1.
2. Boas D.A. Spatially varying dynamical properties of turbid media probed with diffusing temporal light correlation/ D.A. Boas, A.G. Yodh // J. Opt. Soc. Am. A. OSA, 1997. – 14 – 1. – С. 192–215.
3. Lesaffre M. Effect of the Photons Brownian Doppler Shift on the Weak–Localization Coherent–Backscattering Cone/ Lesaffre, M., Atlan, M., & Gross, M. // Phys. Rev. Lett. American Physical Society, 2006. – 97 – 3. – С. 33901.
4. Mishchenko M.I., Travis L.D., Lacis A.A. Multiple scattering of light by particles: radiative transfer and coherent backscattering/ M. I. Mishchenko, L. D. Travis, A. A Lacis// Cambridge University Press, 2006. – 439 – С.
5. Tarasov A.P. Inaccuracy of the classical Monte Carlo simulation in the general case of 1D turbid biological media/ Tarasov, A. P., Guseva, I. A., Rogatkin, D. A. // 2016 International Conference Laser Optics, 2016. – С. S2–24–S2–24.
6. Skipetrov S.E. Analysis, by the Monte Carlo method, of the validity of the diffusion approximation in a study of dynamic multiple scattering of light in randomly inhomogeneous media/ Skipetrov, S. E. E., Chesnokov, S. S. // Quantum Electron., IOP Publishing, 1998. – 28 – 8. – С. 733–737.
7. Twersky V. Multiple Scattering of Waves and Optical Phenomena/ V. Twersky // J. Opt. Soc. Am. OSA, 1962. – 52 – 2. – С. 145–171.
8. Kuzmin V.L. Coherent effects of multiple scattering for scalar and electromagnetic fields: Monte–Carlo simulation and Milne–like solutions/ V. L. Kuzmin, I.V. Meglinski, // Opt. Commun., 2007. – 273 – 2. – С. 307–310.
9. Chandrasekhar S. Radiative transfer/ S. Chandrasekhar // Courier Corporation, 2013. – 402 С.
10. Shakespeare T. A fluorescent extension to the Kubelka–Munk model/ T. Shakespeare, J. Shakespeare // Color Res. Appl., 2003. – 28. – 1. – С. 4–14.
11. Loyalka S.K. Inverse Problem in Diffuse Reflectance Spectroscopy: Accuracy of the Kubelka–Munk Equations/ Loyalka, S. K., Riggs, C. A. // Appl. Spectrosc. OSA, 1995. – 49 – 8. – С. 1107–1110.
12. Kim A.D. Optical diffusion of continuous–wave, pulsed, and density waves in scattering media and comparisons with radiative transfer/ Kim, A. D., Ishimaru, A. // Appl. Opt. OSA, 1998. – 37 – 22. – С. 5313–5319.
13. Jacques S.L. Tutorial on diffuse light transport/ Jacques, S. L., & Pogue, B. W. // J. Biomed. Opt., 2008. – 13 – 4. – С. 1–19.
14. Klose A.D. Light transport in biological tissue based on the simplified spherical harmonics equations/ A. D. Klose, E. W. Larsen // J. Comput. Phys., 2006. – 220 – 1. – С. 441–470.
15. Ripoll J. Free–Space Propagation of Diffuse Light: Theory and Experiments/ J. Ripoll, R.B. Schulz, V. Ntziachristos// Phys. Rev. Lett. American Physical Society, 2003. – 91. – С. 103901.
16. Feng B. A generalized Rytov approximation for accurate calculation of phase variation in strong perturbation media/ B. Feng, R.–S. Wu, H. Wang // Geophys. J. Int. 2019. – 219. – С. 968–974.

17. Барабаненков Ю.Н. Состояние теории распространения волн в случайно-неоднородной среде/ Ю. Н. Барабаненков, Ю. А. Кравцов, С. М. Рытов, В. И. Татарский // Успехи физических наук, 1970. – 102. – С. 3–42.
18. Lim J. Born approximation model for light scattering by red blood cells/ J. Lim, H. Ding, M. Mir, R. Zhu, K. Tangella, G. Popescu // Biomed. Opt. Express. OSA, 2011. – 2. – 10. – С. 2784–2791.
19. Twersky V. Transparency of pair-correlated, random distributions of small scatterers, with applications to the cornea/ V. Twersky // J. Opt. Soc. Am. OSA, 1975. – 65 – 5. – С. 524–530.
20. Ishimaru A. Electromagnetic wave propagation, radiation, and scattering: from fundamentals to applications/ A. Ishimaru // John Wiley & Sons, 2017. – 940 С.
21. Twersky V. Absorption and Multiple Scattering by Biological Suspensions/ V. Twersky // J. Opt. Soc. Am. OSA, 1970. – 60 – 8. – С. 1084–1093.
22. Brown W.P. Second Moment of a Wave Propagating in a Random Medium/ Brown W.P. // J. Opt. Soc. Am. OSA, 1971. – 61 – 8. – С. 1051–1059.
23. Prahl S.A. A Monte Carlo model of light propagation in tissue/ S.A. Prahl // Dosimetry of Laser Radiation in Medicine and Biology, SPIE, 1989. – 10305. – С. 105–114.
24. Wang L. MCML–Monte Carlo modeling of light transport in multi-layered tissues/ L. Wang, S.L. Jacques, L. Zheng// Comput. Methods Programs Biomed., 1995. – 47 – 2. – С. 131–146.
25. Rafailov I.E. Computational model of bladder tissue based on its measured optical properties/ I. E. Rafailov, V. V. Dremin, K. S. Litvinova, A. V. Dunaev, S. G. Sokolovski, E. U. Rafailov // J. Biomed. Opt., 2016. – 21 – 2. – С. 25006.
26. Дрёмин В.В. Аналитический обзор подходов к математическому моделированию флуоресценции биологических тканей/ В.В. Дрёмин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2016. – № 6. – С. 320.
27. Пушкарева А.Е., Кузнецова А.А. Компьютерное моделирование в оптике биотканей. Учебное пособие/ А.Е. Пушкарева, А.А. Кузнецова// ИТМО, 2016. –
28. Kuzmin V. Bethe–Salpeter–based simulations of multiple scattering from bounded media/ V. Kuzmin, A. Valkov A. // J. Phys. Conf. Ser. IOP Publishing, 2019. – 1236. – С. 12048.

Козлов Игорь Олегович

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл, Россия

Аспирант, стажер–исследователь научно–технологического центра биомедицинской фотоники

Тел.: +7–920–814–04–58

E-mail: igor57_orel@mail.ru

I.O. KOZLOV

REVIEW OF APPROACHES TO DESCRIPTION OF LIGHT SCATTERING IN BIOLOGICAL TISSUE

Abstract. *The article discusses various approaches to modeling the processes of light scattering in biological tissues. The analytical radiation transfer equation, the Tversky approach, the Bethe–Salpeter equation, and the ladder approximation are considered. For cases of single scattering, the Kubelka–Munk approach, the diffusion approximation, and the small perturbation method are presented. The mathematical principles of the considered methods are disclosed in the paper and the limits of applicability in solving the radiation transfer equation are analyzed.*

Keywords: *non-invasive optical diagnostics, biological tissue, radiation transfer equation, light scattering modeling.*

BIBLIOGRAPHY

1. Tuchin V.V. Opticheskaya biomeditsinskaya diagnostika/ V.V. Tuchin // Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya Fizika. Federalnoye gosudarstvennoye byudzhethnoye obrazovatelnoye uchrezhdeniye vysshego obrazovaniya «Saratovskiy natsionalnyy issledovatel'skiy gosudarstvennyy universitet imeni NG Chernyshevskogo», 2005. – 5 – 1.
2. Boas D.A. Spatially varying dynamical properties of turbid media probed with diffusing temporal light correlation/ D.A. Boas, A.G. Yodh // J. Opt. Soc. Am. A. OSA, 1997. – 14 – 1. – С. 192–215.
3. Lesaffre M. Effect of the Photons Brownian Doppler Shift on the Weak–Localization Coherent–Backscattering Cone/ Lesaffre, M., Atlan, M., & Gross, M. // Phys. Rev. Lett. American Physical Society, 2006. – 97 – 3. – С. 33901.
4. Mishchenko M.I., Travis L.D., Lacis A.A. Multiple scattering of light by particles: radiative transfer and coherent backscattering/ M. I. Mishchenko, L. D. Travis, A. A. Lacis// Cambridge University Press, 2006. – 439 – С.
5. Tarasov A.P. Inaccuracy of the classical Monte Carlo simulation in the general case of 1D turbid biological media/ Tarasov, A. P., Guseva, I. A., Rogatkin, D. A. // 2016 International Conference Laser Optics, 2016. – С. S2–24–S2–24.

6. Skipetrov S.E. Analysis, by the Monte Carlo method, of the validity of the diffusion approximation in a study of dynamic multiple scattering of light in randomly inhomogeneous media/ Skipetrov, S. E. E., Chesnokov, S. S. // Quantum Electron., IOP Publishing, 1998. – 28 – 8. – C. 733–737.
7. Twersky V. Multiple Scattering of Waves and Optical Phenomena/ V. Twersky // J. Opt. Soc. Am. OSA, 1962. – 52 – 2. – C. 145–171.
8. Kuzmin V.L. Coherent effects of multiple scattering for scalar and electromagnetic fields: Monte–Carlo simulation and Milne–like solutions/ V. L. Kuzmin, I.V. Meglinski, // Opt. Commun., 2007. – 273 – 2. – C. 307–310.
9. Chandrasekhar S. Radiative transfer/ S. Chandrasekhar // Courier Corporation, 2013. – 402 C.
10. Shakespeare T. A fluorescent extension to the Kubelka–Munk model/ T. Shakespeare, J. Shakespeare // Color Res. Appl., 2003. – 28. – 1. – C. 4–14.
11. Loyalka S.K. Inverse Problem in Diffuse Reflectance Spectroscopy: Accuracy of the Kubelka–Munk Equations/ Loyalka, S. K., Riggs, C. A. // Appl. Spectrosc. OSA, 1995. – 49 – 8. – C. 1107–1110.
12. Kim A.D. Optical diffusion of continuous–wave, pulsed, and density waves in scattering media and comparisons with radiative transfer/ Kim, A. D., Ishimaru, A. // Appl. Opt. OSA, 1998. – 37 – 22. – C. 5313–5319.
13. Jacques S.L. Tutorial on diffuse light transport/ Jacques, S. L., & Pogue, B. W. // J. Biomed. Opt., 2008. – 13 – 4. – C. 1–19.
14. Klose A.D. Light transport in biological tissue based on the simplified spherical harmonics equations/ A. D. Klose, E. W. Larsen // J. Comput. Phys., 2006. – 220 – 1. – C. 441–470.
15. Ripoll J. Free–Space Propagation of Diffuse Light: Theory and Experiments/ J. Ripoll, R.B. Schulz, V. Ntziachristos// Phys. Rev. Lett. American Physical Society, 2003. – 91. – C. 103901.
16. Feng B. A generalized Rytov approximation for accurate calculation of phase variation in strong perturbation media/ B. Feng, R.–S. Wu, H. Wang // Geophys. J. Int. 2019. – 219. – C. 968–974.
17. Barabanenkov YU.N. Sostoyaniye teorii rasprostraneniya voln v sluchayno–neodnorodnoy srede/ YU. N. Barabaneikov, YU. A. Kravtsov, S. M. Rytov, V. I. Tatarskiy // Uspekhi fizicheskikh nauk, 1970. – 102. – S. 3–42.
18. Lim J. Born approximation model for light scattering by red blood cells/ J. Lim, H. Ding, M. Mir, R. Zhu, K. Tangella, G. Popescu // Biomed. Opt. Express. OSA, 2011. – 2. – 10. – C. 2784–2791.
19. Twersky V. Transparency of pair–correlated, random distributions of small scatterers, with applications to the cornea/ V. Twersky // J. Opt. Soc. Am. OSA, 1975. – 65 – 5. – C. 524–530.
20. Ishimaru A. Electromagnetic wave propagation, radiation, and scattering: from fundamentals to applications/ A. Ishimaru // John Wiley & Sons, 2017. – 940 C.
21. Twersky V. Absorption and Multiple Scattering by Biological Suspensions/ V. Twersky // J. Opt. Soc. Am. OSA, 1970. – 60 – 8. – C. 1084–1093.
22. Brown W.P. Second Moment of a Wave Propagating in a Random Medium/ Brown W.P. // J. Opt. Soc. Am. OSA, 1971. – 61 – 8. – C. 1051–1059.
23. Prahl S.A. A Monte Carlo model of light propagation in tissue/ S.A. Prahl // Dosimetry of Laser Radiation in Medicine and Biology, SPIE, 1989. – 10305. – C. 105–114.
24. Wang L. MCML–Monte Carlo modeling of light transport in multi–layered tissues/ L. Wang, S.L. Jacques, L. Zheng// Comput. Methods Programs Biomed., 1995. – 47 – 2. – C. 131–146.
25. Rafailov I.E. Computational model of bladder tissue based on its measured optical properties/ I. E. Rafailov, V. V. Dremin, K. S. Litvinova, A. V. Dunaev, S. G. Sokolovski, E. U. Rafailov // J. Biomed. Opt., 2016. – 21 – 2. – C. 25006.
26. Dromin V.V. Analiticheskiy obzor podkhodov k matematicheskomu modelirovaniyu fluorestsentsii biologicheskikh tkaney/ V.V. Dromin // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. 2016. – № 6. – C. 320.
27. Pushkareva A.Ye., Kuznetsova A.A. Kompyuternoye modelirovaniye v optike biotkaney. Uchebnoye posobiye/ A.Ye. Pushkareva, A.A. Kuznetsova// ITMO, 2016. –
28. Kuzmin V. Bethe–Salpeter–based simulations of multiple scattering from bounded media/ V. Kuzmin, A. Valkov A. // J. Phys. Conf. Ser. IOP Publishing, 2019. – 1236. – C. 12048.

Kozlov Igor Olegovich

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

Postgraduate student, early stage researcher of R&D center of biomedical photonics

Tel.: +7–920–814–04–58

E–mail: igor_orel57@mail.ru

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

УДК 623.1/.7

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-140-145

Ю.Н. ИВАНОВ, Ю.А. РЕМИЗОВ, Н.В. ДАВЫДОВА, В.Э. МЕДОЕВ

МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОНЕЧЕТКОЙ СЕТИ

Аннотация. В данной статье рассмотрена нейронечеткая модель типа ANFIS для аппроксимации прогнозирующей функции, которая может быть применена для прогнозирования условий и параметров развития военной техники связи. Представлена модель и алгоритм прогнозирования показателей качества военной техники связи с использованием нейронечеткой сети. Применение разработанного алгоритма позволяет повысить точность и достоверность прогнозных оценок в условиях неопределенности исходных данных.

Ключевые слова: военная техника связи, прогнозирование, нейронечеткая модель, показатели качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буренок В.М., Ляпунов В.М. Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / Под ред. А. М. Московского – М.: Издательский дом «Граница», 2005. – 520 с.
2. Советов Б.Я. Интеллектуальные системы и технологии: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Б.Я. Советов, В.В. Цехановский, В.Д. Чертовской. – М.: Издательский дом «Академия». 2013. – 320 с.
3. Щербаков М.А. Искусственные нейронные сети. Конспект лекций. – Пенза: ПГТУ, 1996. – 45 с.
4. Паращук И.Б. Нейросетевые методы в задачах моделирования и анализа эффективности функционирования сетей связи / И.Б. Паращук, Ю.Н. Иванов, П.Г. Романенко: учебно-методическое пособие – СПб: Военная академия связи, 2010. – 104 с.
5. Назаров А. В. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем / А.В. Назаров, А.И. Лоскутов. – СПб.: Наука и Техника, 2003. – 384 с.
6. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации /пер. с польского И.Д. Рудинского – М.: Финансы и статистика, 2004.
7. Хижняков Ю.Н. Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого управления в системах реального времени: учеб. пособие. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. – 160 с.
8. Абрамова Т.В., Ваганова Е.В., Горбачев С.В., Сырямкин В.И., Сырямкин М.В. Нейронечеткие методы в интеллектуальных системах обработки и анализа многомерной информации. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2014. – 442 с.
9. Стоянова О.В. Нейронечеткие методы и инструменты поддержки принятия решений по управлению электроэнергетическими предприятиями: Диссертация канд. экон. наук: 08.00.13: Смоленск, 2004, – 143 с.
10. Иванов Ю.Н. Нейросинтез безызыбыточной системы показателей качества средств и комплексов связи в интересах прогнозирования их технического уровня / Н.В. Давыдова, И.Н. Ишутин, А.И. Войцеховский // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии: научно – технический журнал № 2 (334) 2019 – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2019. – стр. 132 – 134

Иванов Юрий Николаевич
Академия ФСО России
Кандидат технических наук, доцент
сотрудник,
302034, г.Орел, ул.Приборостроительная, 35
Тел. (4862)54–97–85
E-mail: metrolog@academ.msk.rsnet.ru

Давыдова Надежда Владимировна
Академия ФСО России
Кандидат технических наук,
сотрудник,
302034, г.Орел, ул. Приборостроительная, 35
Тел. (4862)54–97–85
E-mail: metrolog@academ.msk.rsnet.ru

Ремизов Юрий Александрович
Академия ФСО России
Кандидат технических наук,
сотрудник,
302034, г.Орел, ул.Приборостроительная, 35
Тел. (4862)54–97–85
E-mail: metrolog@academ.msk.rsnet.ru

Медоев Владислав Этэнович
Академия ФСО России
курсант,
302034, г.Орел, ул.Приборостроительная, 35
Тел. (4862)54–97–85
E-mail: metrolog@academ.msk.rsnet.ru

Yu.N. IVANOV, N.V. DAVYDOVA, Yu.A. REMIZOV, V.E. MEDOYEV

MODEL AND ALGORITHM FOR PREDICTION OF QUALITY INDICATORS OF MILITARY COMMUNICATION EQUIPMENT USING NEURAL NETWORK

Abstract. The article presents an ANFIS-type neural model for approximating predictive function, which can be applied to predict conditions and parameters of development of military communication technique. A model and algorithm for prediction of quality indicators of military communication equipment using a neural network is presented. Application of the developed algorithm allows to increase accuracy and reliability of forecast estimates under conditions of uncertainty of initial data. an algorithm for selecting the volume and nomenclature of quality indicators of military

communication facilities and complexes, built on the basis of artificial neural networks, in order to predict their technical level and to improve the objectivity of the initial data in the selection of important quality indicators.

Keywords: *military communication equipment, forecasting, neural model, quality indicators quality, system of indicators, forecast, technological level, communication complexes, arms, military equipment.*

BIBLIOGRAPHY

1. V.M. Burenkas, Lyapunov V.M. Mudrov V.I. The theory and practice of planning and management of development of arms / Under the editorship of. A.M. Moskovsky – M.: Granitsa publishing house, 2005. – 520 pages.
2. Sovetov B.Ya. Intellectual systems and technologies: the textbook for student. institutions высш. prof. of education / B.Ya. Sovetov, V.V. Tsekhanovsky, V.D. Chertovskoy. – M.: Akademiya publishing house. 2013. – 320 pages.
3. Scherbakov M.A. Artificial neural networks. Abstract of lectures. – Penza: PGU, 1996. – 45 pages.
4. I.B. Parapikes. Neural network methods in problems of modeling and the analysis of efficiency of functioning of communication networks / I.B. Parashchuk, Yu.N. Ivanov, P.G. Romanenko: an educational and methodical grant – SPb: Military academy of communication, 2010. – 104 pages.
5. Nazarov A. V. Neural network prediction algorithms and optimization of systems / A.V. Nazarov, A.I. Loskutov. – SPb.: Science and technology, 2003. – 384 pages.
6. Osovsky S. Neural networks for information processing/per. From Polish I.D. Rudinsky – M.: Finance and Statistics, 2004.
7. Khijniak Yu.N. Algorithms of fuzzy, neural and neuro-fuzzy control in real-time systems: training manual. Perm: PNIPU, 2013. 160 p.
8. Abramova T.V., Vaganova E.V., Gorbachev S.V., Syredkin V.I., Syredkin M.V. Neural methods in intelligent systems of processing and analysis of multidimensional information. – Tomsk: Ed-v Tom. Un-ta, 2014. 442 p.
9. Stoyanova O.V. Neural methods and tools to support decision-making on the management of electric power enterprises: Thesis kanda. экон. Sciences: 08.00.13: Smolensk, 2004, – 143p.
10. Ivanov Y.N. Neyrosintez of the irredundant system of indicators of quality of means and complexes of communication for the benefit of forecasting of their technological level / N.V. Davydova, I.N. Ishutin, A.I. Voytsekhovskiy//Fundamental and applied problems of the equipment and technology: scientific and technical journal No. 2 (334) 2019 – Oryol: Regional public institution of I.S. Turgenev, 2019. – p. 132 – 134

Ivanov Yriy Nicolaevich

Academy FSO of Russia
Ph.D, associate professor, Staff,
302034, Orel, Priborostroitel'naya, 35
Ph. (4862)54-97-85
E-mail: metrolog@academ.msk.rsnet.ru

Remizov Yury Aleksandrovich

Academy FSO of Russia
Ph.D, Staff,
302034, Orel, Priborostroitel'naya, 35
Ph. (4862)54-97-85
E-mail: metrolog@academ.msk.rsnet.ru

Davydova Nadezhda Vladimirovna

Academy FSO of Russia
Ph.D, Staff,
302034, Orel, Priborostroitel'naya, 35
Ph. (4862)54-97-85
E-mail: metrolog@academ.msk.rsnet.ru

Medoyev Vladislav Etenovich

Academy FSO of Russia
cadet,
302034, Orel, Priborostroitel'naya, 35
Ph. (4862)54-97-85
E-mail: metrolog@academ.msk.rsnet.ru

УДК 53.087:57.084.1

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-146-153

М.В. СУХАНОВА, Л.А. БОНДАРЕВА

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА ДЛИНЫ ВОЛНЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ РАСТЕНИЙ ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОГО ВЛАГООБЕСПЕЧЕНИЯ

Аннотация. *В статье проанализирована возможность проведения измерения отражательных свойств листьев зеленых растений, связанных с их водосодержанием. По результатам анализа был выбран ближний инфракрасный диапазон излучения, в котором отражательные свойства определяются изменениями клеточных структур листьев. Продемонстрирована экспериментальная зависимость отражательных свойств листьев в этой области от влагообеспеченности растения.*

Ключевые слова: *отражение, длина волны, ближний ИК-диапазон, листья растений, влагообеспеченность, экспериментальное исследование.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Merzlyak M.N. Leafs and fruits reflection spectrum at normal growth, ageing and stress / M.N. Merzlyak. – Plant physiology. – 1997. – V. 44, N 5. – P. 707–716. – [in Russian].
2. Gitelson A.A., Zur Y., Chivkunova O.B., Merzlyak M.N. Assessing carotenoid content in plant leaves with reflectance spectroscopy // Photochem. Photobiol. – 2002. – 75. – P. 272–281.
3. Gitelson A.A., Gritz Y., Merzlyak M.N. Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves // J. Plant Physiol. – 2003. – 160. – P. 271–282.
4. Тимченко Е. В. Дифференциальные оптические методы контроля состояния растений: автореферат дис.... канд. физ.-мат. наук: 01.04.05 / Е. В. Тимченко; [Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева]. – Самара, 2009. – 20 с.
5. Rabinovich E. Fotosintez. – Photosynthesis. – Vol. 2. – Moscow, 1953. – 648 p.
6. Будаговская О.Н. Лазерно-оптические методы и технические средства многопараметрической диагностики растений и плодов: диссертация... доктора технических наук: 05.20.02 / О.Н. Будаговская; [ФГОУВПО "Московский государственный агроинженерный университет"]. – Москва, 2013. – 472 с.: ил. – РГБ ОД, 71 14–5/127.
7. Бондарева Л.А. Функциональная диагностика растений с использованием отраженной листьями мощности излучения // Л.А. Бондарева, И.В. Пургина, М.В. Суханова. – Биотехносфера. – № 2 (50). – 2017. – С. 27–32.

Суханова Марина Владимировна
ФГБОУ ВО «Орловский государственный
университет имени Тургенева», г. Орел
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
Телефон: +7–911–385–78–18.
E-mail: Suhanova.M.V@yandex.ru

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

M.V. SUKHANOVA, L.A. BONDAREVA

SUBSTANTIATION OF OPTIMUM WAVELENGTH CHOICE FOR FUNCTIONAL DIAGNOSIS OF PLANTS USING AN OPTICAL METHOD IN THE CONDITIONS OF INSUFFICIENT MOISTURE

Abstract. *The article analyzes the possibility of measuring the reflective properties of leaves of green plants associated with their water content. The near infrared range of radiation is selected because in this range the reflective properties are determined by changes in the cellular structures of the leaves. The experimental dependence of the reflective properties of leaves in this region of the spectrum on the moisture availability of the plant is demonstrated.*

Keywords: *reflection, wavelength, near-infrared range, plant leaves, moisture availability, experimental research.*

BIBLIOGRAPHY

1. Merzlyak M.N. Leafs and fruits reflection spectrum at normal growth, ageing and stress / M.N. Merzlyak. – Plant physiology. – 1997. – V. 44, N 5. – P. 707–716. – [in Russian].
2. Gitelson A.A., Zur Y., Chivkunova O.B., Merzlyak M.N. Assessing carotenoid content in plant leaves with reflectance spectroscopy // Photochem. Photobiol. – 2002. – 75. – P. 272–281.
3. Gitelson A.A., Gritz Y., Merzlyak M.N. Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves // J. Plant Physiol. – 2003. – 160. – P. 271–282.
4. Timchenko E. V. Differencialnye opticheskie metody kontrolya sostoyaniya rastenij: avtoreferat dis.... kand. fiz.-mat. nauk: 01.04.05 / E. V. Timchenko; [Samar. gos. aerokosm. un-t im. S. P. Koroleva]. – Samara, 2009. – 20 s.
5. Rabinovich E. Fotosintez. – Photosynthesis. – Vol. 2. – Moscow, 1953. – 648 p.
6. Budagovskaya O.N. Lazerno-opticheskie metody i tekhnicheskie sredstva mnogoparametricheskoj diagnostiki rastenij i plodov: dissertaciya... doktora tekhnicheskix nauk: 05.20.02 / O.N. Budagovskaya; [FGOUVPO "Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet"]. – Moskva, 2013. – 472 s.: il. – RGB OD, 71 14–5/127.

7. Bondareva L.A. Funkcionalnaya diagnostika rastenij s ispolzovaniem otrazhennoj listyami moshchnosti izlucheniya // L.A. Bondareva, I.V. Purgina, M.V. Suhanova. – Biotekhnosfera. – № 2 (50). – 2017. – S. 27–32.

Sukhanova Marina Vladimirovna

Oryol State University named after I.S. Turgenev, Oryol
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Phone: +7–911–385–78–18.
E–mail: Suhanova.M.V@yandex.ru

Bondareva Lyudmila Alexandrovna

Oryol State University named after I.S. Turgenev, Oryol
PhD. (Tech. Sciences), Associate Professor of the
Department «Instrumentation, metrology and
certification»,
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Phone: +7 (4862) 41–98–76.
E–mail: 270174@mail.ru

УДК 519.876.2:658.5

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-154-163

О.В. АНИКЕЕВА, А.Г. ИВАХНЕНКО, М.Л. СТОРУБЛЕВ

ВЕРИФИКАЦИЯ ЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ КАЧЕСТВА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. Разработан подход к верификации линейной модели динамики качества системы менеджмента качества промышленного предприятия. Приведены результаты апробации разработанного подхода к верификации линейной модели динамики качества на примере ЗАО «Салют» (г. Санкт–Петербург). На основе созданной ранее авторами математической модели получены условия устойчивости в зависимости от значений параметров системы менеджмента качества предприятия, что позволяет решать задачи управления ее состоянием как подсистемы общего менеджмента. Для проведения исследования использована методология Data Mining, а также элементы системы сбалансированных показателей. Выявлены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: цели в области качества, модель динамики качества, теория автоматического управления, верификация.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19–01–00015.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивахненко А.Г. Модель управления качеством продукции и деятельности предприятия в пространстве состояний / А.Г. Ивахненко, О.В. Анисеева, М.Л. Сторублев // Автоматизация в промышленности. – 2019. – № 8. – С. 36–38.
2. Ивахненко А.Г. Моделирование целенаправленной деятельности предприятия в области качества / А.Г. Ивахненко, О.В. Анисеева, М.Л. Сторублев // Известия Санкт–Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2019. – № 51 (77). – С. 104–108.
3. Максимова Н.А. Разработка методов и моделей принятия оптимальных управленческих решений для обеспечения организационной устойчивости предприятий текстильной и легкой промышленности на базе совершенствования организации складского хозяйства: дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.22. – Санкт–Петербург, 2019. – 154 с.
4. Максимова Н.А. Математическая модель процесса функционирования склада готовых изделий в организации производства легкой и текстильной промышленности / Н.А. Максимова // Вестник Санкт–Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки. – 2017. – № 3. – С. 99 – 101.
5. Першакова Н.А. Анализ различных классификаций факторов, влияющих на финансовую устойчивость организации / Н.А. Першакова // Вестник Санкт–Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки. – 2016. – №2. – С. 104–105.
6. Анцев В.Ю., Иноземцев А.Н. Всеобщее управление качеством: учебное пособие. – Тула: Изд–во ТулГУ, 2005. – 243 с.
7. Барвинок В.А., Клочков Ю.С., Самохвалов В.П., Стрельников Е.А. Управление процессами систем менеджмента качества на предприятиях машиностроения: учебное пособие. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2012. – 380 с.

8. Ивахненко А.Г. Исследование свойств математических моделей управления качеством / А.Г. Ивахненко, О.В. Аникеева, М.Л. Сторублев // Теоретические и практические основы технологических процессов (МНПК–ТТ–63): сборник статей по итогам Международной научно–практической конференции. – Стерлитамак: АМИ, 2019. – С. 35–42.
9. Барвинок В.А. Роль квалиметрии в повышении конкурентоспособности изделий машиностроения / В.А. Барвинок, А.Н. Чекмарёв, Е.В. Еськина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Том 16, №6 (2). – С. 364–370.
10. Ивахненко А.Г. Исследование устойчивости систем менеджмента качества в классе моделей теории автоматического управления / А.Г. Ивахненко, О.В. Аникеева // Наука, технология, техника: перспективные исследования и разработки: сборник научных трудов по материалам Междисциплинарного форума speed up. – Самара: Профессиональная наука, 2019. – С. 48–56.
11. Пупков К.А., Егупов Н.Д., Баркин А.И., Зайцев А.В. и др. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник в 5–ти томах. Том 5. Методы современной теории автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 784 с.
12. Уонем У.М. Линейные многомерные системы управления: геометрический подход. – М.: Наука, 1980. – 375 с.
13. Kaplan R.S., Norton D.P. The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action. – Boston: Harvard Business School Press, 1996. – 329 p.
14. Kaplan R.S. The balanced scorecard – Measures that drive performance / R.S. Kaplan, D.P. Norton // Harvard Business Review, January–February 1992. – Pp. 71–79
15. Nahm U.Y. A Mutually Beneficial Integration of Data Mining and Information Extraction / U.Y. Nahm, R.J. Mooney // In Proceedings of the Seventeenth National Conference Artificial Intelligence (AAAI–00). – Austin Texas: 2000.
16. Linoff Gordon S., Berry Michael J.A. Data Mining Techniques: For Marketing, Sales, and Customer Relationship Management. – Wiley Publishing. Inc., 2011. – 888 p.

Аникеева Олеся Владимировна
ФГБОУ ВО «Юго–Западный
государственный университет», г.
Курск
Канд. техн. наук, доцент, доцент
кафедры СМУКТД
305040, г. Курск, ул. 50 лет
Октября, 94
Тел. 8–952–496–46–18
E–mail: olesya-anikeeva@yandex.ru

**Ивахненко Александр
Геннадьевич**
ФГБОУ ВО «Юго–Западный
государственный университет», г.
Курск
Д–р. техн. наук, профессор,
профессор кафедры СМУКТД
305040, г. Курск, ул. 50 лет
Октября, 94
Тел. 8–960–676–15–90
E–mail: ivakhnenko2002@mail.ru

Сторублев Максим Леонидович
ФГБОУ ВО «Юго–Западный
государственный университет», г.
Курск
Канд. техн. наук, доцент, доцент
кафедры СМУКТД
305040, г. Курск, ул. 50 лет
Октября, 94
Тел. 8–915–511–80–79
E–mail: max100rublev@yandex.ru

O.V. ANIKEEVA, A.G. IVAKHNENKO, M.L. STORUBLEV

VERIFICATION OF A LINEAR QUALITY DYNAMIC MODEL IN THE STUDY OF PURPOSEFUL ACTIVITY OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Abstract. *An approach is developed to verification of the linear model of quality dynamics of the industrial enterprise quality management system. The approbation results are presented of the developed approach to verification of the linear model of quality dynamics on the example of JSC «Salyut» (St Petersburg). On the basis of the mathematical model created earlier by the authors, stability conditions are obtained depending on the values of the parameters of the enterprise quality management system, which allows solving problems of managing its state as a subsystem of general management. Data Mining methodology and elements of the balanced scorecard system were used for the research. The directions of further research are identified.*

Keywords: *quality management purposes, quality dynamics model, automatic control theory, verification.*

BIBLIOGRAPHY

1. Ivakhnenko A.G. Model' upravleniya kachestvom produktsii i deyatelnosti predpriyatiya v prostranstve sostoyaniy / A.G. Ivakhnenko, O.V. Anikeeva, M.L. Storublev // Avtomatizatsiya v promyshlennosti. – 2019. – № 8. – С. 36–38.
2. Ivakhnenko A.G. Modelirovanie celenapравlennoy deyatelnosti predpriyatiya v oblasti kachestva / A.G. Ivakhnenko, O.V. Anikeeva, M.L. Storublev // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo instituta (tekhnicheskogo universiteta). – 2019. – № 51 (77). – С. 104–108.
3. Maksimova N.A. Razrabotka metodov i modelej prinyatiya optimalnyh upravlencheskih reshenij dlya

obespecheniya organizacionnoj ustojchivosti predpriyatij tekstilnoj i legkoj promyshlennosti na baze sovershenstvovaniya organizacii skladского hozyajstva: diss. ... kand. tekhn. nauk: 05.02.22. – Sankt–Peterburg, 2019. – 154 s.

4. Maksimova N.A. Matematicheskaya model processa funkcionirovaniya sklada gotovyh izdelij v organizacii proizvodstva legkoj i tekstilnoj promyshlennosti / N.A. Maksimova // Vestnik Sankt–Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna. Seriya 1. Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2017. – № 3. – S. 99 – 101.

5. Pershakova N.A. Analiz razlichnyh klassifikacij faktorov, vliyayushchih na finansovuyu ustojchivost organizacii / N.A. Pershakova // Vestnik Sankt–Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna. Seriya 1. Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2016. – № 2. – S. 104–105.

6. Ancev V.YU., Inozemcev A.N. Vseobshchee upravlenie kachestvom: uchebnoe posobie. – Tula: Izd–vo TulGU, 2005. – 243 s.

7. Barvinok V.A., Klochkov YU.S., Samohvalov V.P., Strelnikov E.A. Upravlenie processami sistem menedzhmenta kachestva na predpriyatiyah mashinostroeniya: uchebnoe posobie. – Samara: Samarskij nauchnyj centr RAN, 2012. – 380 s.

8. Ivakhnenko A.G. Issledovanie svojstv matematicheskikh modelej upravleniya kachestvom / A.G. Ivakhnenko, O.V. Anikeeva, M.L. Storublev // Teoreticheskie i prakticheskie osnovy tekhnologicheskikh processov (MNPК–ТТ–63): sbornik statej po itogam Mezhdunarodnoj nauchno–prakticheskoy konferencii. – Sterlitamak: AMI, 2019. – S. 35–42.

9. Barvinok V.A. Rol kvalimetrii v povyshenii konkurentosposobnosti izdelij mashinostroeniya / V.A. Barvinok, A.N. Chekmaryov, E.V. Eskina // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. – 2014. – T. 16, №6 (2). – S. 364–370.

10. Ivakhnenko A.G. Issledovanie ustojchivosti sistem menedzhmenta kachestva v klasse modelej teorii avtomaticheskogo upravleniya / A.G. Ivakhnenko, O.V. Anikeeva // Nauka, tekhnologiya, tekhnika: perspektivnye issledovaniya i razrabotki: sbornik nauchnyh trudov po materialam Mezhdisciplinarnogo foruma speed up. – Samara: Professionalnaya nauka, 2019. – S. 48–56.

11. Pupkov K.A., Egupov N.D., Barkin A.I., Zajcev A.V. i dr. Metody klassicheskoy i sovremennoj teorii avtomaticheskogo upravleniya: uchebnyj v 5–ti tomah. Tom 5. Metody sovremennoj teorii avtomaticheskogo upravleniya / Pod red. K.A. Pupkova, N.D. Egupova. – M.: Izdatelstvo MGTU im. N.E. Baumana, 2004. – 784 s.

12. Wonham W.M. Linear multivariable control: a geometric approach. – M.: Nauka, 1980. – 375 s.

13. Kaplan R.S., Norton D.P. The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action. – Boston: Harvard Business School Press, 1996. – 329 p.

14. Kaplan R.S. The balanced scorecard – Measures that drive performance / R.S. Kaplan, D.P. Norton // Harvard Business Review, January–February 1992. – Pp. 71–79.

15. Nahm U.Y. A Mutually Beneficial Integration of Data Mining and Information Extraction / U.Y. Nahm, R.J. Mooney // In Proceedings of the Seventeenth National Conference Artificial Intelligence (AAAI–00). – Austin Texas: 2000.

16. Linoff Gordon S., Berry Michael J.A. Data Mining Techniques: For Marketing, Sales, and Customer Relationship Management. – Wiley Publishing. Inc., 2011. – 888 p.

Anikeeva Olesya Vladimirovna
Southwest State University
Candidate of Science Engineering,
Associate Professor, Associate
Professor of the department
SMQMT&D
305040, Kursk, 50 Let Oktyabrya
Street, 94
Tel. 8–952–496–46–18
E–mail: olesya–
anikeeva@yandex.ru

Ivakhnenko Alexander Gennadievich
Southwest State University
Doctor of Sciences Engineering,
Professor, Professor of the department
SMQMT&D
305040, Kursk, 50 Let Oktyabrya
Street, 94
Tel. 8–960–676–15–90
E–mail: ivakhnenko2002@mail.ru

Storublev Maxim Leonidovich
Southwest State University
Candidate of Science Engineering,
Associate Professor, Associate
Professor of the department
SMQMT&D
305040, Kursk, 50 Let Oktyabrya
Street, 94
Тел. 8–915–511–80–79
E–mail: max100rublev@yandex.ru

УДК 62–1/–9

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-341-3-164-170

В.В. КУЦ, А.С. БЫШКИН, М.С. РАЗУМОВ

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛОВ УПРУГОСТИ И ПРОПОРЦИОНАЛЬНОСТИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО СВЕРЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК В НАПРЯЖЕННО ДЕФОРМИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ

Аннотация. Сверление отверстий одна из распространенных операция при изготовлении деталей. Вследствие чего повышение эффективности данного процесса является актуальной задачей. Для повышения эффективности процесса сверления на базе Юго–Западного университета был разработан способ сверления в

предварительно напряженно-деформированном материале заготовки, который подвергают упругой деформации нагрузкой, не превышающей предела пропорциональности материала заготовки. После снятия нагрузки размеры заготовки остаются прежними. В рамках представленной работы было разработано и спроектировано экспериментальное устройство определения пределов упругости и пропорциональности материалов для последующего сверления заготовок в напряженно-деформированном состоянии. Данное устройство позволит повысить автоматизацию и точность измерения. Приводятся расчетные формулы для определения погрешности измерения. Рассматривается пример расчета погрешности определения пределов упругости и пропорциональности материалов.

Ключевые слова: Предел упругости, устройство, деформации, заготовка, разрушение, предел пропорциональности, физико-механические свойства.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90108.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экспериментальные исследования процесса сверления отверстий медного сплава в напряженно-деформированном материале заготовки. Куц В.В., Бышкин А.С., Разумов М.С., Кочергин В.С. Сборка в машиностроении, приборостроении. 2020. №1(21). С. 13–15.
2. Приспособление для сверления отверстий с наложением вибраций на заготовку Разумов М.С., Заворин М.К., Гатиев М.Ш., Бышкин А.С. В сборнике: Современные материалы, техника и технология сборник научных статей 8-й Международной научно-практической конференции. 2018. С. 347–352.
3. Experimental studies of hole drilling operations in stress-strain workpiece material Kuts V.V., Razumov M.S., Byshkin A.S. В сборнике: MATEC Web of Conferences 2018. С. 01011.
4. А. с. 358089 СССР, МПК5 В 23 В 1/00. Способ обработки резанием с опережающим пластическим деформированием / Н. А. Ярославцева, В. М. Ярославцев, В. Н. Подураев; заявитель Московское высшее техническое училище им. Баумана. – № 1615026/25–8; заявл. 25.01.1971; опубл. 03.11.1972, Бюл. № 34.
5. Виноградова, Н. В. Теоретическое исследование величины остаточных напряжений от структурно-фазовых превращений в поверхностном слое деталей после механической обработки / Н. В. Виноградова // Актуальные вопросы техники и технологии: сб. докл. междунар. науч. заоч. конф. / под ред. А. В. Горбенко, С. В. Довженко. – Липецк: Издат. центр «Де-факто», 2010. – Т. 1. – С. 111–115.
6. Влияние опережающего пластического деформирования на износ инструмента и качество поверхностного слоя при обработке аустенитных сталей / Ю.Н. Полянчиков [и др.] // Известия ВолгГТУ. Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении». Вып. 4: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2008. – № 9. – С. 35–37.
7. Игнатов, С. Н. Оценка эффективности лезвийной обработки с использованием безразмерного энергетического критерия / С. Н. Игнатов, А. В. Карпов, А. П. Распопин // СТИН. – 2004. – № 12. – С. 23–25.
8. Ингеманссон, А. Р. Улучшение обрабатываемости нержавеющей сталей при использовании резания с опережающим пластическим деформированием / А. Р. Ингеманссон, С. О. Щедриков, Ю. Н. Полянчиков // XV региональная конференция молодых исследователей Волгоградской области (Волгоград, 9–12 ноября 2010 г.): тез. докл. / ВолгГТУ [и др.]. – Волгоград, 2011. – С. 76–77.
9. Ингеманссон, А. Р. Повышение эффективности точения труднообрабатываемых сталей ферритного, мартенситно-ферритного и мартенситного классов с использованием опережающего пластического деформирования: дис. канд.техн. наук: 05.02.07 / А. Р. Ингеманссон. – Волгоград, 2012. – 209 с.
10. Математическая модель формирования шероховатости обработанной поверхности при точении с опережающим пластическим деформированием коррозионно-стойких сталей / А. Р. Ингеманссон [и др.] // Металлообработка. – 2012. – № 1.
11. Норченко П. А. Метод резания аустенитных сталей с опережающим пластическим деформированием и его преимущества с точки зрения кристаллической теории строения металлов / П. А. Норченко, А. Р. Ингеманссон, Ю. Н. Полянчиков // XIII региональная конференция молодых исследователей Волгоградской области, г. Волгоград, 11–14 нояб. 2008 г.: тез. докл. / ВолгГТУ [и др.]. – Волгоград, 2009. – С. 74–77.
12. Норченко, П. А. Повышение эффективности процесса резания нержавеющей сталей аустенитного класса с опережающим пластическим деформированием: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.07 / П. А. Норченко. – Волгоград, 2010. – 127 с.
13. Норченко, П. А. Улучшение шероховатости обработанной поверхности при резании нержавеющей стали 12X18H10T с опережающим пластическим деформированием / П. А. Норченко, А. Р. Ингеманссон, Ю. Н. Полянчиков // XIV региональная конференция молодых исследователей Волгоградской области (Волгоград, 10–13 нояб. 2009 г.): тез. докл. / ВолгГТУ [и др.]. – Волгоград, 2010. – С. 63–64.
14. Сверление отверстий в напряженно-деформированном материале заготовки Куц В.В., Бышкин А.С., Разумов М.С. Современные материалы, техника и технологии. 2018. № 3 (18). С. 20–23.
15. Техническая механика. Сопротивление материалов Сенюшенков М.А. курс лекций: для студентов технических направлений подготовки бакалавров / М. А. Сенюшенков; Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования Брянская гос. инженерно-технологическая акад.. Брянск, 2011. (Изд. 2-е, испр. и доп.)

16. Соппротивление материалов. Физические основы прочности конструкционных материалов Баранникова С.А. учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 270100 "Строительство" / С. А. Баранникова; Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Томский гос. архитектурно–строит. ун–т", Учреждение Российской акад. наук, Ин–т физики прочности и материаловедения СО РАН. Томск, 2010.

17. О механических испытаниях материалов в курсе сопротивления материалов Егудуров Г.С., Бочектуева Е.Б. В сборнике: Сборник научных трудов. Серия: Механика конструкций и материалов (композиционные материалы и наноматериалы) 2016. С. 123–130.

18. Анализ состава средств измерений для измерения внешних линейных размеров на предприятиях машиностроительной отрасли. Куц В.В., Масалов Н.А. В сборнике: техника и технологии: пути инновационного развития Сборник научных трудов 5–ой Международной научно–практической конференции. Ответственный редактор: Горохов А.А.. 2015. С. 119–123.

19. Метрология, сертификация и стандартизация. Метрология и измерительная техника Поляков С.И. методические указания к лабораторным работам для студентов специальностей 220301 – Автоматизация технологических процессов и производств (лесной комплекс), 230200 – Информационные системы / Воронеж, 2011.

20. Способ определения величины предела пропорциональности материалов. Куц В.В., Разумов М.С., Бышкин А.С., Щербаков П.С. Патент на изобретение RU 2686572, 29.04.2019. Заявка № 2017138540 от 07.11.2017.

Куц Вадим Васильевич
ФГБОУ ВО «Юго–Западный
государственный университет»,
г. Курск
Доктор технических наук,
доцент, профессор кафедры
машиностроительных
технологий и оборудования
305040, г. Курск, ул. 50 – лет
Октября, 94
Тел. 89036399401
E–mail: kuc–vadim@yandex.ru

Бышкин Александр Сергеевич
ФГБОУ ВО «Юго–Западный
государственный университет», г.
Курск
Аспирант кафедры
машиностроительных технологий и
оборудования
305040, г. Курск, ул. 50 – лет
Октября, 94
Тел. 89510897934
E–mail: alex141293@rambler.ru

Разумов Михаил Сергеевич
ФГБОУ ВО «Юго–Западный
государственный университет», г.
Курск
Кандидат технических наук,
доцент кафедры
машиностроительных технологий
и оборудования
305040, г. Курск, ул. 50 – лет
Октября, 94
Тел. 89081292777
E–mail: mika_1984_@mail.ru

V.V. KUTS, A.S. BYSHKIN, M.S. RAZUMOV

METHOD FOR DETERMINING THE LIMITS OF ELASTICITY AND PROPORTIONALITY OF MATERIALS FOR SUBSEQUENT DRILLING OF WORKPIECES IN THE STRESS–STRAIN STATE

Abstract. Drilling holes is one of the most common operations in the manufacture of parts. As a result, improving the efficiency of this process is an urgent task. To improve the efficiency of the drilling process, a method was developed at the Southwestern University for drilling with pre–stressed–deformed material of the workpiece, in which the sample is subjected to elastic deformation at a load that does not exceed the proportionality limit of the workpiece material, that is, when the load is removed, the dimensions of the workpiece remain the same. As part of this work, an experimental device was developed and designed to determine the limits of elasticity and proportionality of materials for subsequent drilling of workpieces in a stress–strain state. This invention will improve the automation and accuracy of measurement. An example of measurement and calculation is considered. Calculation formulas for determining the measurement error are given.

Keywords: elastic Limit, device, deformation, workpiece, fracture, proportionality limit, physical and mechanical properties.

BIBLIOGRAPHY

1. Experimental studies of the process of drilling holes of copper alloy in the stress–strain material of the workpiece. In The Stubby.V., Byshkin a. S., Razumov M. S., Kochergin V. S. Assembly in mechanical engineering, instrument making. 2020. No. 1 (21). Pp. 13–15.
2. Device for drilling holes with the imposition of vibrations on the workpiece Razumov M. S., Zavorin M. K., Gatiev M. sh., Byshkin a. S. in the collection: Modern materials, technology and technology collection of scientific articles of the 8th International scientific and practical conference. 2018. Pp. 347–352.
3. Experimental studies of well drilling operations in stress–strain material Kutz V. V., Razumov M. S., Byshkin A. S. in the collection: Matek Web of Conferences 2018. P. 01011.
4. A. S. 358089 of the USSR, MPK5 B 23 B 1/00. Method of cutting with advanced plastic deformation / N. A. Yaroslavtseva, V. M. Yaroslavtsev, V. N. Poduraev; applicant Moscow higher technical school named after V. A. poduraev. Baumans. – No. 1615026/25–8; application. 25.01.1971; publ. 03.11.1972, Byul. No. 34.

5. Vinogradova, N. V. Theoretical study of the magnitude of residual stresses from structural–phase transformations in the surface layer of parts after mechanical processing / N. V. Vinogradova // Actual issues of engineering and technology: sat. Dokl. international. science. highest level.. Conf. / edited by A. V. Gorbenko, S. V. Dovzhenko. – Lipetsk: Izdat. de facto center, 2010. – Yeah. 1. – Yeah. 111–115.
6. The influence of the advancing plastic deformation on the tool wear and the quality of the surface layer when machining austenitic steels / Yu. Olenchikov [et al.] // Izvestia volggstu. Series "progressive technologies in mechanical engineering". Vol. 4: inter–University. sat. nauch. art. / Volgstu. – M, 2008. – No. 9. – Yeah. 35–37.
7. Ignatov, S. N. Evaluating the efficiency of blade processing using a dimensionless energy criterion / S. N. Ignatov, A.V. Karpov, A. P. Raspopin // Steen. – 2004. – No. 12. – Yeah. 23–25.
8. Ingemansson, A. R. Improving the machinability of stainless steels when using cutting with advanced plastic deformation / A. R. Ingemansson, S. O. Shchedrikov, Yu. N. Polyanchikov // XV regional conference of young researchers of the Volgograd region (Volgograd, 9–12 2010 2010): TEZ. docl. / Volgstu [et al.]. – Volgograd, 2011. – Pp. 76–77.
9. Ingemansson, A. R. Improving the efficiency of turning hard–to–process steels of the ferritic, martensitic–ferrite and martensitic classes using advanced plastic deformation: dis. Cand.Tech. Sciences: 05.02.07 / A. R. Ingemansson. – Volgograd, 2012. – 209 p.
10. Mathematical model of the formation of roughness of the treated surface when turning with advanced plastic deformation of corrosion–resistant steels / A. R. Ingemansson [et al.] // Metalworking. – 2012. – No. 1.
11. Norchenko P. A. Method of cutting austenitic steels with advanced plastic deformation and its advantages from the point of view of the crystal theory of the structure of metals / P. A. Norchenko, A. R. Ingemansson, Yu. N. Polyanchikov // XIII regional conference of young researchers of the Volgograd region, Volgograd, 11–14 Nov. 2008: TEZ. docl. / Volgstu [et al.]. – Volgograd, 2009. – Pp. 74–77.
12. Norchenko, P. A. Improving the efficiency of the cutting process of austenitic stainless steels with advanced plastic deformation: dis.... kand. Techn. Sciences: 05.02.07 / P. A. Norchenko. – Volgograd, 2010. – 127 p.
13. Norchenko, P. A. Improving the roughness of the treated surface when cutting stainless steel 12X18N10T with advanced plastic deformation / P. A. Norchenko, A. R. Ingemansson, Yu. N. Polyanchikov // XIV regional conference of young researchers of the Volgograd region (Volgograd, 10–13 Nov. 2009): TEZ. docl. / Volgstu [et al.]. – Volgograd, 2010. – C. 63–64.
14. Drilling holes in the stress–strain material of the workpiece Kuts V. V., Byshkin A. S., Razumov M. S. Modern materials, techniques and technologies. 2018. No. 3 (18). Pp. 20–23.
15. Technical mechanics. Materials resistance Senyushenkov M. A. course of lectures: for students of technical directions of training of bachelors / M. A. Senyushenkov; Federal state budgetary educational institution of higher education. prof. of education Bryansk state engineering and technological Academy.. Bryansk, 2011. (Ed. 2nd, ISPR. and extra.)
16. Strength of materials. Physical bases of strength of structural materials Barannikova S. A. textbook for students studying in the direction of 270100 "Construction" / S. A. Barannikova; State educational institution of higher education. Prof. of education " Tomsk state University of architecture and construction. UN–t", an Institution of the Russian Academy of Sciences. Sciences, Institute of strength physics and materials science SB RAS. Tomsk, 2010.
17. Mechanical testing of materials in the course of strength of materials Egorov G. S., E. B. Bektaev In collection: Collection of scientific works. Series: Mechanics of structures and materials (composite materials and nanomaterials) 2016. Pp. 123–130.
18. Analysis of the composition of measuring instruments for measuring external linear dimensions in the machine–building industry. Kuts V. V., Masalov N. A. in the collection: techniques and technologies: ways of innovative development Collection of scientific papers of the 5th International scientific and practical conference. Responsible editor: Gorokhov A. A.. 2015. Pp. 119–123.
19. Metrology, certification and standardization. Metrology and measuring equipment Polyakov S. I. guidelines for laboratory work for students of specialties 220301–automation of technological processes and production (forest complex), 230200–Information systems / Voronezh, 2011.
20. Method for determining the value of the limit of proportionality of materials. Kutz V. V., Razumov M. S., Byshkin A. S., Shcherbakov P. S. Patent for the invention RU 2686572, 29.04.2019. Application no. 2017138540 dated 07.11.2017.

Kuts Vadim Vasilevich

Southwest State University, Kursk
 Doctor of technical sciences
 associate professor, professor of
 Department of Machine – Building
 Technologies and Equipment
 305040, Kursk, 50 let Oktyabrya, 94
 Ph.: 89036399401
 E–mail: kuc–vadim@yandex.ru

Byshkin Alexander Sergeevich

South–Western state University,
 Kursk Post–graduate student of the
 Department engineering technologies
 and equipment
 305040, Kursk, ul. 50 – let
 Oktyabrya, 94
 Tel. 89510897934
 E–mail: alex141293@rambler.ru

Razumov Mikhail Sergeevich

South–Western state University,
 Kursk Candidate of technical
 Sciences, associate Professor of the
 Department of machine–building
 technologies and equipment
 305040, Kursk, ul. 50 – let
 Oktyabrya, 94 Tel. 89081292777
 E–mail: mika_1984_@mail.ru

С.П. ПЕТРОВ, К.В. ПОДМАСТЕРЬЕВ, А.В. ПИЛИПЕНКО
Н.И. МАРКИН, О.С. НИКИТЕНКО

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ И ГИДРАВЛИЧЕСКИМ РЕЖИМАМИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ ЗДАНИЙ

Аннотация. В статье рассмотрены различные схемные решения индивидуальных тепловых пунктов зданий, методы контроля и управления тепловым и гидравлическим режимами на абонентском вводе здания.

Ключевые слова: контроль, управление, системы отопления, системы теплоснабжения, схема.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 41–101–95 Свод правил по проектированию и строительству. – М.: Госстрой РФ, 1997. – 96 с.
2. Петров, С.П. Анализ и синтез системы управления процессом передачи тепловой энергии в когенерационной системе централизованного теплоснабжения.: монография / С.П. Петров, М.Н. Маяков; под общей редакцией д-ра техн. наук, проф. А.И. Суздальцева – Орел: ООО «Издательский дом Орлик и К», 2008. – 316 с.
3. Петров, С.П., Определение граничных условий при параметрическом синтезе системы управления температурным режимом здания / С.П. Петров, К.В. Подмастерьев, А.В. Пилипенко, К.Д. Шорин / Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии / 2017 – № 5, – С. 184–190.
4. Подмастерьев, К.В. Экспериментальные исследования статической характеристики датчика температуры устройства контроля и регулирования температуры воздуха в помещении лечебно-профилактического учреждения: / К.В. Подмастерьев К.В., О.С. Петрова // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, 2008. № 2. – С. 71–75.
5. Петров, С.П., Контроль и оптимизация режимов работы абонентского ввода комбинированной системы теплоснабжения / С.П. Петров, К.В. Подмастерьев, О.С. Никитенко, М.И. Конищев, В.И. Коробко / Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии / 2019 – № 3, – С. 142–150.
6. Маркин, Н.И., Качественно-количественное управление температурным режимом зданий / С.П. Петров, А.В. Пилипенко, Н.И. Маркин, О.С. Никитенко, А.Ю. Пилипенко, Н.К. Шарифов. Информационные системы и технологии / 2019 – № 4, – С. 56–66.
7. Подмастерьев, К.В. Датчик температуры воздуха в однотрубных системах отопления: / К.В. Подмастерьев К.В., О.С. Петрова // Мир измерений, 2010. № 1. – С. 36–41.
8. Петров, С.П. Структура и принцип управления когенерационной системой теплоснабжения: монография / С.П. Петров, А.В. Пилипенко, Издательский дом LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. – 235 с.
9. Подмастерьев, К.В. Устройство регулирования температуры воздуха в помещениях: / К.В. Подмастерьев К.В., О.С. Петрова // Датчики и системы, 2008. – № 6. – С. 14–18.
10. Подмастерьев, К.В. Устройство контроля и регулирования температуры воздуха для помещений, оборудованных однотрубной системой отопления: / К.В. Подмастерьев К.В., О.С. Петрова // Контроль. Диагностика, 2010. № 5. – С. 45–57.
11. Петров, С.П., Определение граничных условий при параметрическом синтезе системы управления температурным режимом здания / С.П. Петров, К.В. Подмастерьев, А.В. Пилипенко, К.Д. Шорин / Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии / 2017 – № 5, – С. 184–190.
12. Петров, С.П. Анализ и синтез системы управления централизованным теплоснабжением: монография / С.П. Петров, А.В. Пилипенко, Издательский дом LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 265 с.

Петров Сергей Петрович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева»,
доктор технических наук, профессор кафедры
автоматизированных систем управления и
кибернетики.
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95,
тел. +79536155931,
E-mail: nayka55@mail.ru

Пилипенко Александр Витальевич

руководитель Департамента информационных
технологий Орловской области.
302026, г. Орел, пл. Ленина, д.1,
тел. 89058566699,
E-mail: a@pilipenko.info

Подмастерьев Константин Валентинович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева»,
доктор технических наук, профессор, директор
института приборостроения, автоматизации и
информационных технологий.
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95,
тел. +79536232263,
E-mail: asms-orel@mail.ru

Маркин Николай Иванович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева»,
и. о. зав. кафедрой автоматизированных систем
управления и кибернетики.
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95,
тел. +79202880801,

Никитенко Ольга Сергеевна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный
университет им. И.С. Тургенева», ведущий научный
сотрудник «НОЦ». 302026, г. Орел, ул.
Комсомольская, д. 95,
тел. +79192600776,
E-mail: lavanda777@bk.ru

S.P. PETROV, K.V. PODMASTERYEV, A.V. PILIPENKO, N.I. MARKIN, O.S. NIKITENKO

**METHODS OF CONTROL AND MANAGEMENT OF THERMAL
AND HYDRAULIC MODES THERMAL POINTS OF BUILDINGS**

Abstract. *The article deals with various circuit solutions for individual thermal points of buildings, methods for monitoring and controlling thermal and hydraulic modes at the buildings user input.*

Keywords: *Control, management, heating systems, heat supply systems, scheme.*

BIBLIOGRAPHY

1. SP 41–101–95 Svod pravil po proektirovaniyu i stroitelstvu . – M.: Gosstroj RF, 1997. – 96 s.
2. Petrov, S.P. Analiz i sintez sistemy upravleniya processom peredachi teplovoj energii v kogeneracionnoj sisteme centralizovannogo teplosnabzheniya. : monografiya / S.P. Petrov, M.N. Mayakov; pod obshej redakciej d-ra techn. nauk, prof. A.I. Suzdalceva – Orel: OOO «Izdatelskij dom Orlik i K», 2008. – 316 s.
3. Petrov, S.P. Opredelenie granichnyx uslovij pri parametricheskom sinteze sistemy upravleniya temperaturnym rezhimom zdaniya / S.P. Petrov, K.V. Podmasterev, A.V. Pilipenko, K.D. Shorin / Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii / 2017 – № 5, – S. 184–190.
4. Podmasterev, K.V. Eksperimentalnye issledovaniya staticheskoy xarakteristiki datchika temperatury ustrojstva kontrolya i regulirovaniya temperatury vozduxa v pomeshhenii lechebno–profilakticheskogo uchrezhdeniya: / K.V. Podmasterev K.V., O.S. Petrova // Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii, 2008. № 2. – S. 71–75.
5. Petrov, S.P., Kontrol i optimizaciya rezhimov raboty abonentskogo vvoda kombinirovannoj sistemy teplosnabzheniya / S.P. Petrov, K.V. Podmasterev, O.S. Nikitenko, M.I. Konishhev, V.I. Korobko / Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii / 2019 – № 3, – S. 142–150.
6. Markin, N.I., Kachestvenno–kolichestvennoe upravlenie temperaturnym rezhimom zdaniy / S.P. Petrov, A.V. Pilipenko, N.I. Markin, O.S. Nikitenko, A.Yu. Pilipenko, N.K. Sharifov. Informacionnye sistemy i tekhnologii / 2019 – № 4, – S. 56– 66.
7. Podmasterev, K.V. Datchik temperatury vozdukh v odnotrubnykh sistemakh otopleniya : / K.V. Podmasterev K.V., O.S. Petrova // Mir Izmereniy, 2010. № 1. – S. 36–41.
8. Petrov, S.P. Struktura i princip upravleniya kogeneracionnoj sistemoy teplosnabzheniya : monografiya / S.P. Petrov, A.V. Pilipenko, Izdatelskij dom LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. – 235 s.
9. Podmasterev, K.V. Ustrojstvo regulirovaniya temperatury vozduxa v pomeshheniyax : / K.V. Podmasterev K.V., O.S. Petrova // Datchiki i sistemy, 2008. – № 6. – S. 14–18.
10. Podmasterev, K.V. Ustrojstvo kontrolya i regulirovaniya temperatury vozduxa dlya pomeshhenij, oborudovannyx odnotrubnoj sistemoy otopleniya : / K.V. Podmasterev K.V., O.S. Petrova // Kontrol. Diagnostika, 2010. № 5. – S. 45–57.
11. Petrov, S.P., Opredelenie granichnyx uslovij pri parametricheskom sinteze sistemy upravleniya temperaturnym rezhimom zdaniya / S.P. Petrov, K.V. Podmasterev, A.V. Pilipenko, K.D. Shorin / Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii / 2017 – № 5, – S. 184–190.
12. Petrov, S.P. Analiz i sintez sistemy upravleniya centralizovannym teplosnabzheniem : monografiya / S.P. Petrov, A.V. Pilipenko, Izdatelskij dom LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 265 s.

Petrov Sergey Petrovich

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им.
И.С. Тургенева»,
doctor of technical Sciences, Professor of the Department
of "Automated control systems and Cybernetics".
302026, Orel, Komsomolskaya str., 95,
tel. + 79536155931,
E-mail: nayka55@mail.ru

Podmasterev Konstantin Valentinovich

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им.
И.С. Тургенева»,
doktor tekhniki–cheskikh nauk, professor, direktor instituta
«Priborostroyeniye, avtomatizatsiya i informatsionnyye
tekhnologii»
302026, g. Orel, ul. Komsomolskaya, d. 95,
tel. +79536232263,
E-mail: asms-orel@mail.ru

Pilipenko Alexander Vitalievich

Head of the Department of Information Technologies of
the Orvol Region.
302026, Orvol, pl. Lenin, 1,
tel. 89058566699,

Markin Nikolay Ivanovich

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им.
И.С. Тургенева », i. o. zav. kafedra «Avtomatizirovannykh
sistem upravleniya i kibernetiki».
302026, g. Orel, ul. Komsomolskaya, d. 95,

E-mail: a@pilipenko.info

tel. +79202880801,

E-mail: nim2009@inbox.ru

Nikitenko Olga Sergeevna

FGBOU VO «Orlovskiy gosudarstvennyy universitet im.

I.S. Turgeneva»",

vedushchiy nauchnyy sotrudnik «NOTS».

302026, g. Orel, ul. Komsomolskaya, d. 95,

tel.+79192600776,

E-mail: lavanda777@bk.ru

Адрес издателя:

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

Адрес редакции:

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

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

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 19.06.2020 г.
Дата выхода в свет
Формат 60х88 1/8. Усл. печ. л. 11,25
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