

Редакция

Главный редактор

Радченко С.Ю. д-р техн. наук, проф.

Заместители главного редактора:

Барсуков Г.В. д-р техн. наук, проф.

Гордон В.А. д-р техн. наук, проф.

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

Савин Л.А. д-р техн. наук, проф.

Шоркин В.С. д-р физ.-мат. наук, проф.

Члены редколлегии:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(Азербайджан)

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

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

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

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

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

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

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

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

(Беларусь)

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

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

Ответственный секретарь:

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, 2019

Содержание

Теоретическая механика и ее приложения

Харченко А.А. Гидродинамика течений охлаждающего воздуха в эжекторных дисках газотурбинных двигателей (ГТД).....	3
Ромашин С.Н., Хорошилова М.В. Применение метода групповых разложений для нелокальной модели упругой среды.....	9

Механика деформируемого твердого тела, динамика и прочность

Лопя И.В. Приближенное решение задачи о продольных волнах напряжений в упруго вязкопластических стержнях.....	14
---	----

Машиностроительные технологии и оборудование

Серезжкин М.А., Климук Д.О. Разработка методики определения конфигурации прерывистых валиков для увеличения износостойкости скребков роторных бетоносмесителей.....	18
Канатников Н.В., Канатникова П.А., Кожус С.В., Папиментова А.С. Прогнозирование силы резания, возникающей при обработке незвольвентных зубчатых колес.....	27
Канатников Н.В., Радченко С.Ю., Папиментова А.С., Шманев С.А. Оптимизационная модель режимов обработки зубчатых колес стандартного и специального профиля.....	34

Машиноведение и мехатроника

Бондаренко М.Э. Экспериментальные исследования жесткости и демпфирования комбинированной опоры с активным управлением.....	40
Безмен П.А., Бурцев А.П., Герасимов М.С. Аналоговая и цифровая широтно-импульсная модуляция в микроконтроллерных устройствах мехатронных систем.....	46
Прокопов Е.Е., Горин А.В. Методы исследования процессов в системах виброзащиты с управляемой жесткостью.....	52
Савин Л.А., Минаевский А.И., Сытин А.В., Шевелев А.В. Напряженно-деформированное состояние упругих элементов газодинамических подшипников.....	60
Сытин А.В., Кузавка А.В., Минаевский А.И., Шевелев А.В. Проектирование мехатронных упорных подшипников скольжения с биморфными упругими элементами.....	68
Ускова И.Г., Попов С.Г., Токмаков Н.В. Мехатронные системы контроля и управления освещением в «Умном» доме.....	78
Поляков Р.Н., Рыженко П.И. Новые подходы к проектированию ветрогенераторов для эксплуатации в экстремальных условиях.....	84
Корнеев А.Ю., Савин Л.А., Мищенко Е.В. Влияние температурных деформаций роторов на характеристики конических подшипников жидкостного трения.....	90

Приборы, биотехнические системы и технологии

Арискин Е.О., Лисин Р.А., Миннебаев М.Р., Солдаткин В.М. Динамические характеристики и погрешности системы контроля параметров вектора ветра на борту вертолета с ионно-меточными и аэрометрическими измерительными каналами.....	96
Ефремова Е.С., Мифтахов Б.И. Модели и оценка инструментальных погрешностей вихревой системы контроля высотно-скоростных параметров дозвукового летательного аппарата.....	103
Марков О.И. Оптимизация эффективности ступенчатого термоэлемента.....	111

Контроль, диагностика, испытания и управление качеством

Степанов Р.А., Стародубцева Л.В., Корневская Е.Н., Федянин В.И. Математические модели прогнозирования заболеваний системы дыхания провоцируемых контактом с ядохимикатами на основе нечеткой логики принятия решений.....	116
Жидков А.В. Электрорезистивный метод контроля состояния трибузла (на примере эндопротеза тазобедренного сустава с парой трения «металл-металл») и оценка его достоверности в пространстве меньшей размерности.....	125
Иванов Ю.Н., Давыдова Н.В., Ишутин И.Н., Войцеховский А.И. Нейросинтез безыбыточной системы показателей качества средств и комплексов связи в интересах прогнозирования их технического уровня.....	132

Editorial Committee

Editor-in-chief

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

Editor-in-chief Assistants:

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

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

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

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

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

Member of editorial board:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Executive secretary:

Tyukhta A.V. Candidate Sc. Tech.

Address

302030 Orel, Moskovskaya ul., 34

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

http://oreluniver.ru

E-mail: radsu@rambler.ru

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

Index on the catalogue of the
«Pressa Rossii» 29504

© Orel State University, 2019

Contents

Theoretical mechanics and its applications

- Kharchenko A.A. Hydrodynamics of cooling air flows in ejector disks of gas turbine engines (GTE)..... 3
Romashin S.N., Khoroshilova M.V. Application of the method of group expansions for nonlocal model of an elastic medium..... 9

Mechanics of deformable solids, dynamics and strength

- Lopa I.V. The approximate solution of the problem on the longitudinal stress waves in elastoviscoplastic rods..... 14

Machine-building technologies and equipment

- Serezhkin M.A., Klimyuk D.O. Development of methodology for determination of separated beads configuration for increasing wear resistance of rotor concrete mixers scrapers..... 18
Kanatnikov N.V., Kanatnikova P.A., Kozhus S.V., Pashmentova A.S. Prediction the force of cutting arising during the processing of non-evolvent bevel gears..... 27
Kanatnikov N.V., Radchenko S.Yu., Pashmentova A.S., Shmanev S.A. Optimization model of processing modes of cutting bevel gears of a standard and special profile 34

Machine Science and Mechatronics

- Bondarenko M.E. Experimental study of the hybrid bearing with variable dynamic characteristics 40
Bezmen P.A., Burtsev A.P., Gerasimov M.S. Analog and digital pulse width modulation in microcontroller technics 46
Prokopov E.E., Gorin A.V. Research methods of processes in vibration protection systems with controlled hardness..... 52
Savin L.A., Minaevskiy A.I., Sytin A.V., Shevelev A.V. Stress-strain state of elastic elements of gas dynamic bearings 60
Sytin A.V., Kuzavka A.V., Minaevskiy A.I., Shevelev A.V. Designing mechatronic resistant sliding bearings with elastic bimorph elements 68
Usikova I.G., Popov S.G., Tokmakov N.V. Mechatronics system of control and lighting in the «Smart House»..... 78
Polyakov R.N., Ryzhenko P.I. New approaches to the design of wind turbines for operation in extreme conditions 84
Korneyev A.Yu., Savin L.A., Mishchenko E.V. The influence of the temperature deformations of rotors on the characteristics of conical liquid friction bearings 90

Devices, biotechnical systems and technologies

- Ariskin E.O., Lisin R.A., Miftahov M.R., Soldatkin V.M. The dynamic characteristics and error control parameters of the wind vector on board the helicopter with the ion-tagging and aerometric-related measuring channels 96
Efremova E.S., Miftakhov B.I. Models and estimation of instrumental errors of the vortex control system of velocity-speed parameters of subsonic aircraft..... 103
Markov O.I. Optimization of efficiency of the step thermoelement 111

Monitoring, Diagnostics, Testing and Quality Management

- Stepashov R.V., Starodubtseva L.V., Korenevskaya E.N., Fedyanin V.I. Mathematical model for predicting diseases of the respiratory system caused by the contact with toxic chemicals based on fuzzy logic decision-making 116
Zhidkov A.V. Electroresistive method for monitoring the condition of a tribo-unit (on the example of endoprosthesis of the hip joint – va with a metal-metal friction front) and estimation of its reliability in a space of less dimension 125
Ivanov Yu.N., Davydova N.V., Ichoutin I.N., Voytsekhovskiy A.I. Neurosynthesis of the irredundant system of indicators qualities of means and complexes of communication in interests forecasting of their technological level..... 132

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

УДК 621.438:536.24

А.А. ХАРЧЕНКО

ГИДРОДИНАМИКА ТЕЧЕНИЙ ОХЛАЖДАЮЩЕГО ВОЗДУХА В ЭЖЕКТОРНЫХ ДИСКАХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ (ГТД)

Аннотация. В статье предлагается методика расчета скорости охлаждающего воздуха вдоль радиуса экранированного диска в зависимости от производительности и числа эжекторных каналов. Получены расчетные зависимости, определяющие распределение температуры по радиусу экранированного диска. Такой подход позволил определить на стадии проектирования оптимальные размеры устройств для уменьшения температурных напряжений в дисках роторов газотурбинных двигателей.

Ключевые слова: диски ГТД, эжекторы, гидродинамика, температурное состояние.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Салов, Н.Н. Исследование температурного состояния экранированных роторов ГТД с эжекторными устройствами / Н.Н. Салов, А.А. Харченко, Г.В. Горобец, В.М. Бубенцов // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2006. – №8. – С.117–120.
2. Салов, Н.Н. Исследование термонапряженного состояния экранированных дисков роторов ГТД с эжекторными каналами / Н.Н. Салов, А.А. Харченко, Г.В. Горобец // *Вестник двигателестроения*. – 2007. – №3. – С.123–126.
3. Щукин, В.К. Газоструйные компрессоры / В.К. Щукин, И.И. Калмыков. – М.: Машгиз, 1963. – 148с.
4. Салов, Н.Н. Исследование режимов течения в радиальном вращающемся канале при прокачке теплоносителя вдоль оси вращения / Н.Н. Салов, Л.В. Александрова, В.М. Бубенцов, Е.С. Химченко // *Рабочие процессы в охлаждаемых турбомашинах газотурбинных двигателей*. – Казань: КАИ. – 1989. – С. 104–106.
5. Салов, Н.Н. К определению подогрева воздуха, транспортируемого через полости осевого компрессора / Н.Н. Салов // *Изв. вузов. Авиационная техника*. – 2000. – №1 – С.63–65.
6. Салов, Н.Н. Гидродинамика и теплообмен в роторах и трансмиссиях газотурбинных двигателей. Уменьшение температурных напряжений в дисках: монография / Н.Н. Салов, А.А. Харченко. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2017. – 180 с.

Харченко Андрей Александрович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильный транспорт»
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
Тел. +7 (8692) 54–35–70
E-mail: a.a.kharchenko@sevsu.ru

A.A. KHARCHENKO

HYDRODYNAMICS OF COOLING AIR FLOWS IN EJECTOR DISKS OF GAS TURBINE ENGINES (GTE)

Abstract. The article proposes a method for calculating the velocity of cooling air along the radius of a shielded disk, depending on the performance and the number of ejector channels. Calculated dependences are obtained that determine the temperature distribution along the radius of a shielded disk. Such an approach made it possible to determine at the design stage the optimal dimensions of devices for reducing thermal stresses in the rotor disks of gas turbine engines.

Keywords: GTE disks, ejectors, hydrodynamics, temperature state.

BIBLIOGRAPHY

1. Salov, N.N. Issledovaniye temperaturnogo sostoyaniya ekranirovannykh rotorov GTD s ezhektornymi ustroystvami / N.N. Salov, A.A. Kharchenko, G.V. Gorobets, V.M. Bubentsov // Aviatsionno–kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya. – 2006. – №8. – S.117–120
2. Salov, N.N. Issledovaniye termonapryazhennogo sostoyaniya ekranirovannykh diskov rotorov GTD s ezhektornymi kanalami / N.N. Salov, A.A. Kharchenko, G.V. Gorobets // Vestnik dvigatelestroyeniya. – 2007. – №3. – S.123–126.
3. Shchukin, V.K. Gazostruynnye kompressory / V.K. Shchukin, I.I. Kalmykov. – M.: Mashgiz, 1963. – 148s.
4. Salov, N.N. Issledovaniye rezhimov techeniya v radialnom vrashchayushchemsya kanale pri prokachke teplonositelya vdol osi vrashcheniya / N.N. Salov, L.V. Aleksandrova, V.M. Bubentsov, Ye.S. Khimchenko // Rabochiye protsessy v okhlazhdayemykh turbomashinakh gazoturbinnnykh dvigateley. – Kazan: KAI. – 1989. – S. 104–106.
5. Salov, N.N. K opredeleniyu podogreva vozdukha, transportiruyemogo cherez polosti osevogo kompressora / N.N. Salov // Izv. vuzov. Aviatsionnaya tekhnika. – 2000. – №1 – S.63–65.
6. Salov, N.N. Gidrodinamika i teploobmen v rotorakh i transmissiyakh gazoturbinnnykh dvigateley. Umensheniye temperaturnykh napryazheniy v diskakh: monografiya / N.N. Salov, A.A. Kharchenko. – M.: Vuzovskiy uchebnik: INFRA–M, 2017. – 180 s.

Kharchenko Andrey Aleksandrovich

"Sevastopol State University", Sevastopol
Ph.D., Associate Professor of "Automobile Transport"
299053, Sevastopol, Universitetskaya St., 33
Тел. +7 (8692) 54–35–70
E-mail: a.a.kharchenko@sevsu.ru

УДК 531.01

С.Н. РОМАШИН, М.В. ХОРОШИЛОВА

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГРУППОВЫХ РАЗЛОЖЕНИЙ ДЛЯ НЕЛОКАЛЬНОЙ МОДЕЛИ УПРУГОЙ СРЕДЫ

***Аннотация.** Предложен метод определения параметров функций, описывающих потенциалы парного и тройного взаимодействия частиц сплошной, изотропной линейно упругой среды. Метод основан на использовании аналитических выражений, связывающих параметры потенциалов парного и тройного взаимодействия, которые построены методами статистической механики с использованием неаддитивных многочастичных потенциалов, характеризующих взаимодействия групп материальных точек, которым соответствуют топологически различные диаграммы.*

***Ключевые слова:** сплошная упругая среда, нелокальное взаимодействие, статистическая механика, многочастичное потенциальное взаимодействие, функции Майера.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шоркин, В.С. Модель сплошной упругой среды, основанная на представлении о дальнедействующем потенциальном взаимодействии ее частиц / В.С. Шоркин // Упругость и неупругость. М.: Ленанд, 2006. – С. 271 – 282.
2. Шоркин, В.С. Учет влияния тройного взаимодействия частиц среды на поверхностные и адгезионные свойства твердых тел / В.С. Шоркин, Л.Ю. Фроленкова, А.С. Азаров // Материаловедение. – 2011. – № 2. – С. 2 – 7.
3. Шоркин, В.С. Нелинейные дисперсионные свойства высокочастотных волн в градиентной теории упругости / В.С. Шоркин // Механика твердого тела. – 2011. – № 6. – С. 104 – 121.
4. Киттель, Ч. Введение в физику твердого тела / Ч. Киттель. – М.: Наука, 1978. – 792 с.
5. Жирифалько, Л. Статистическая механика твердого тела / Л. Жирифалько. – М.: Мир, –1975. – 382 с.
6. Кубо, Р. Статистическая механика / Р. Кубо. М.: Мир, 1967. – 452 с.
7. Ruelle, D. Statistical mechanics: Rigorous results / D. Ruelle. – New York, Amsterdam: Benjamin, 1969. – 219 p.
8. Майер, Дж. Статистическая механика / Дж. Майер. – М.: Мир, 1980. – 544 с.
9. Крокстон, К. Физика жидкого состояния / К. Крокстон. – М.: Мир, 1978. – 400 с.
10. Бараш, Ю.С. Силы Ван-дер-Ваальса / Бараш Ю. С.. – М.: Наука, 1988. – 344 с.
11. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Квантовая механика (нерелятивистская теория) / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука. – 1989. – Т. 3. – 768 с.
12. Romashin, S.N. Method for Calculating the Characteristics of Elastic State Media with Internal Degrees of Freedom. / S.N. Romashin, V.Yu. Presnetsova, L.Yu. Frolenkova, V.S. Shorkin // Generalized Continua as Models for

Materials with Multi-Scale-Effects or under Multi-Field-Actions. Editors: Holm Altenbach, Samuel Forest. – 2016. – p. 363 – 376.

Ромашин Сергей Николаевич
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат физико-математических наук, доцент
кафедры «Технической физики и математики»
302026, Орловская область, г. Орел, ул.
Комсомольская д. 95.
Тел. +7 (4862) 41-98-02
E-mail: sromashin@yandex.ru

Хорошилова Маргарита Вячеславовна
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат физико-математических наук, доцент
кафедры «Технической физики и математики»
302026, Орловская область, г. Орел, ул.
Комсомольская д. 95.
Тел. +7 (4862) 41-98-02
E-mail: hamster08@yandex.ru

S.N. ROMASHIN, M.V. KHOROSHILOVA

APPLICATION OF THE METHOD OF GROUP EXPANSIONS FOR NONLOCAL MODEL OF AN ELASTIC MEDIUM

Abstract. *A method for determining the parameters of functions describing the potentials of pair and triple interaction of particles of a continuous, isotropic linearly elastic medium is proposed. The method is based on the use of analytical expressions that relate the parameters of the pair and triple interaction potentials, which are constructed by methods of statistical mechanics using non-additive multiparticle potentials characterizing the interaction of groups of material points, which correspond to topologically different diagrams.*

Keywords: *solid elastic medium, the non-local interaction, statistical mechanics, many-body potential interaction, the Mayer function.*

BIBLIOGRAPHY

1. Shorkin, V.S. Model sploshnoy uprugoy sredy, osnovannaya na predstavlenii o dalnodeystvuyushchem potentsialnom vzaimodeystvii yeye chastits / V.S. Shorkin // Uprugost i neuprugost. M.: Lenand, 2006. – S. 271 – 282.
2. Shorkin, V.S. Uchet vliyaniya troynogo vzaimodeystviya chastits sredy na poverkhnostnyye i adgezionnyye svoystva tverdykh tel / V.S. Shorkin, L.YU. Frolenkova, A.S. Azarov // Materialovedeniye. – 2011. – № 2. – S. 2 – 7.
3. Shorkin, V.S. Nelineynyye dispersionnyye svoystva vysokochastotnykh voln v gradiyentnoy teorii uprugosti / V.S. Shorkin // Mekhanika tverdogo tela. – 2011. – № 6. – S. 104 – 121.
4. Kittel, CH. Vvedeniye v fiziku tverdogo tela / CH. Kittel. – M.: Nauka, 1978. – 792 s.
5. Zhirifalko, L. Statisticheskaya mekhanika tverdogo tel / L. Zhirifalko. – M.: Mir, –1975. – 382 s.
6. Kubo, R. Statisticheskaya mekhanika / R. Kubo. M.: Mir, 1967. – 452 s.
7. Ruelle, D. Statistical mechanics: Rigorous results / D. Ruelle. – New York, Amsterdam: Benjamin, 1969. – 219 p.
8. Mayyer, Dzh. Statisticheskaya mekhanika / Dzh. Mayyer. – M.: Mir, 1980. – 544 s.
9. Krokston, K. Fizika zhidkogo sostoyaniya / K. Krokston. – M.: Mir, 1978. – 400 s.
10. Barash, YU.S. Sily Van-der-Vaalsa / Barash YU. S.. – M.: Nauka, 1988. – 344 s.
11. Landau, L.D. Teoreticheskaya fizika. Kvantovaya mekhanika (nerelyativistskaya teoriya) / L.D. Landau, Ye.M. Lifshits. – M.: Nauka. – 1989. – T. 3. – 768 s.
12. Romashin, S.N. Method for Calculating the Characteristics of Elastic State Media with Internal Degrees of Freedom. / S.N. Romashin, V.Yu. Presnetsova, L.Yu. Frolenkova, V.S. Shorkin // Generalized Continua as Models for Materials with Multi-Scale-Effects or under Multi-Field-Actions. Editors: Holm Altenbach, Samuel Forest. – 2016. – p. 363 – 376.

Romashin Sergey Nikolaevich
Orel State University named after I. S. Turgenev, Orel
Kandidat of Physical and Mathematical Sciences,
Docent Department of Technical physics and
mathematics
302026, Orel, Komsomolskaia str, b. 95.
Тел. +7 (4862) 41-98-02
E-mail: sromashin@yandex.ru

Khoroshilova Margarita Vyacheslavovna
Orel State University named after I. S. Turgenev, Orel
Kandidat of Physical and Mathematical Sciences,
Docent Department of Technical physics and
mathematics
302026, Orel, Komsomolskaia str, b. 95.
Тел. +7 (4862) 41-98-02
E-mail: hamster08@yandex.ru

МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА, ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ

УДК 539.3

И.В. ЛОПА

ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛНАХ НАПРЯЖЕНИЙ В УПРУГО ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКИХ СТЕРЖНЯХ

Аннотация. Рассматривается ударное нагружение стержня из упруго вязкопластического материала. В рамках предложенных гипотез строится приближенное решение. Предлагается аналитическое представление распределения напряжения по длине стержня. Проводятся численные расчеты, показавшие возможность использования предложенной модели для ряда инженерных задач.

Ключевые слова: удар, стержень, упруго вязкопластический материал, распределение напряжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лопы, И.В. Определение перепада давления при закрытии шиберного затвора / И.В. Лопы, А.И. Ефимова, А.И. Жукаев //Известия ТулГУ. Технические науки. 2015. – №11–1. – С.186–191.
2. Лопы, И.В. Определение момента инерции поперечного сечения винта / И.В. Лопы, Т.С. Патрикова, Е.Н. Патрикова // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2011. – № 2. – С.236–247.
3. Лопы, И.В. Поперечный изгиб винта с учетом изменения момента инерции по его длине/ И.В. Лопы, Т.С. Патрикова, А.И. Ефимова //Известия ТулГУ. Технические науки. – 2011. – №2. – С.241–245.
4. Proskuriakov, N.E. Calculation of Spindle of Pipeline Fittings on the Longitudinal Stability / N.E. Proskuriakov, I.V. Lopa // Procedia Engineering. Volume 152C, 2016, Pages 265–269.
5. Баранов, В.Л. Продольные упруго вязкопластические волны в стержнях конечной длины / В.Л. Баранов, И.В. Лопы // Известия ВУЗов. Машиностроение, М.: 1993, № 1, С. 54.
6. Баранов, В.Л. Радиальные волны кручения и продольного сдвига в упруго–вязкопластической толстой пластине в неизоотермической постановке / В.Л. Баранов, И.В. Лопы // Известия ВУЗов. Машиностроение. М.: 1989. № 7. С. 27–35.
7. Proskuriakov, N.E. Control of influence of a thread on a bending of screws / N.E. Proskuriakov, I.V. Lopa // Mechanical Science and Technology Update, 27–28 February 2017, Omsk, Russia.
8. Баранов, В.Л. Неустойчивость ударно нагруженных стержней / В.Л. Баранов, И.В. Лопы // Известия ВУЗов. М.: Машиностроение. – 19957 – № 1–3. – С. 45.

Лопы Игорь Васильевич

ФГБОУ ВПО «ТулГУ»

Доктор технических наук, профессор, профессор каф. ПМДМ
300000, г. Тула, пр. Ленина, 92

Тел. 25–46–39

pmdm@tsu.tula.ru

I.V. LOPA

THE APPROXIMATE SOLUTION OF THE PROBLEM ON THE LONGITUDINAL STRESS WAVES IN ELASTO VISCOPLASTIC RODS

Abstract. Shock loading of a rod made of elastic–viscous plastic material is considered. Within the framework of the proposed hypotheses, an approximate solution is constructed. An analytical representation of the stress distribution along the length of the rod is proposed. Numerical calculations are carried out, which showed the possibility of using the proposed model for a number of engineering problems.

Keywords: impact, rod, elastic viscoplastic material, stress distribution.

BIBLIOGRAPHY

1. Lopa, I.V. Opredeleniye pererada davleniya pri zakrytii shibernogo zatvora / I.V. Lopa, A.I. Yefimova, A.I. Zhukayev //Izvestiya TulGU. Tekhnicheskiye nauki. 2015. – №11–1. – S.186–191.
2. Lopa, I.V. Opredeleniye momenta inertsii poperechnogo secheniya vinta / I.V. Lopa, T.S. Patrikova, Ye.N. Patrikova // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskiye nauki. – 2011. – № 2. – S.236–247.
3. Lopa, I.V. Poperechnyy izgib vinta s uchedom izmeneniya momenta inertsii po yego dlينه/ I.V. Lopa, T.S. Patrikova, A.I. Yefimova //Izvestiya TulGU. Tekhnicheskiye nauki. – 2011. – №2. – S.241–245.

4. Proskuriakov, N.E. Calculation of Spindle of Pipeline Fittings on the Longitudinal Stability / N.E. Proskuriakov, I.V. Lopa // Procedia Engineering. Volume 152C, 2016, Pages 265–269.
5. Baranov, V.L. Prodolnyye uprugо vyzkoplasticheskiye volny v sterzhnyakh konechnoy dliny / V.L. Baranov, I.V. Lopa // Izvestiya VUZov. Mashinostroyeniye. M.: 1993. № 1, S. 54.
6. Baranov, V.L. Radialnyye volny krucheniya i prodolnogo sdviga v uprugо-vyzkoplasticheskoy tolstov plastine v neizotermicheskoy postanovke / V.L. Baranov, I.V. Lopa // Izvestiya VUZov. Mashinostroyeniye. M.: 1989. № 7. S. 27–35.
7. Proskuriakov, N.E. Control of influence of a thread on a bending of screws / N.E. Proskuriakov, I.V. Lopa // Mechanical Science and Technology Update, 27–28 February 2017, Omsk, Russia.
8. Baranov, V.L. Neustoychivost udarno nagruzhennykh sterzhney / V.L. Baranov, I.V. Lopa // Izvestiya VUZov. M.: Mashinostroyeniye. – 19957 – № 1–3. – S. 45.

Lopa Igor Vasilevish

FGBOU VPO "Tula State University"

Dr. Techn. Sciences, Professor,

Professor, DEP. PMDM

300000, Tula, Lenin Ave., 92

Tel. 25–46–39

pmdm@tsu.tula.ru

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 621.791

М.А. СЕРЕЖКИН, Д.О. КЛИМЮК

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИИ ПРЕРЫВИСТЫХ ВАЛИКОВ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СКРЕБКОВ РОТОРНЫХ БЕТНОСМЕСИТЕЛЕЙ

Аннотация. В статье представлены результаты анализа и моделирования условий работы скребков роторных бетоносмесителей. На основании проведенного анализа разработана методика расчёта прерывистых валиков: даны рекомендации по проведению моделирования, расчёту кривизны валиков и прочих параметров на примере роторного бетоносмесителя СБ–138Б. Данную методику можно применять для разработки конфигурации валиков для повышения износостойкости скребков роторных бетоносмесителей.

Ключевые слова: бетоносмеситель, скребок, гидроабразивный износ, износостойкость, электродуговая наплавка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hendrik G. van Oss. World Production and Capacity of concrete / Hendrik G. van Oss. // U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, 2018. – 111 с.
2. Орлов, Б.Н. Исследование износа рабочих элементов машин и строительного оборудования. Их классификация по технологическим признакам / Б.Н. Орлов // Природообустройство. – 2013. – №4. – С. 23–24.
3. Бетоносмеситель СБ–138Б (1500 л.): [Электронный ресурс] // ОАО «Ярстройтехника». URL: <http://www.yarst.ru/betonosmesiteli/sb138b/> (Дата обращения: 05.09.2018).
4. Рыбакова, Л.М. Структура и износостойкость металла / Л.М. Рыбакова, Л.И. Куксенова. – М.: Машиностроение, 1982. – 209 с.
5. Гафо, Ю.Н. Электротермическая наплавка порошковых материалов на узлы трения / Ю.Н. Гафо // Новые материалы и технологии в машиностроении: Сб. науч. тр. междунар. науч.–техн. конф. Брянск: БГИТА, 2008. Вып. 8. С. 23–26.
6. Ожегов, Н.М. Повышение ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин на основе совершенствования наплавочных технологий / Н.М. Ожегов, В.А. Ружьев, Д.А. Капошко, и др. // Труды ГОСНИТИ, 2016. – 333 с.
7. Густов, Ю.И. Повышение износостойкости рабочих органов и сопряжений строительных машин: диссертация... доктора технических наук: 05.05.04. – Москва, 1993. – 529 с.
8. Мишагин, Д.П. Повышение износостойкости лопастей смесителя принудительного действия / Д.П. Мишагин, Ю.И. Густов // Интеграция, партнёрство и инновации в строительной науке и образовании: сб. ст. (Москва, 16–17 ноября 2016).

9. Ожегов, Н.М. Методы снижения изнашивающей способности почвы при трении деталей почвообрабатывающих машин / Н.М. Ожегов, Д.А. Капошко, С.И. Будко // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2009. – № 13 – С. 132–133.

10. Селезов, А.В. Повышение ресурса и износостойкости стрелчатых лап культиватора методом наплавки износостойких валиков / А.В. Селезов, С.И. Кашайкин, Д.А. Добрин // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2018. – № 01 (январь). – АРТ 16–эл. – 0,2 п.л.

11. Исаченко, В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – М.: Энергия, 1981. – 417 с.

12. Ulisses T. Bezerra Rheological properties of portland cement slurries containing biopolymer effects of the variation of the water/cement ratio, ageing and biopolymer concentration / Ulisses T. Bezerra, Antonio E. Martinelli. // 3rd International RILEM Symposium on Rheology of Cement Suspensions such as Fresh Concrete. 2009.

13. Хрущов М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание / М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. – М.: Наука, 1970. – 247 с.

14. Ямпольский, Г.Я. Исследования абразивного износа элементов пар трения качения / Г.Я. Ямпольский, И.В. Крагельский. – М.: Наука, 1973. – 63 с.

15. Порошковая сварочная проволока EnDotec® DO*30: [Электронный ресурс]//Castolin Eutectic URL: <https://www.castolin.com/ru-RU/product/endotec-do30>(Дата обращения: 10.11.2018).

Серёжкин Михаил Александрович

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

Климюк Даниил Олегович

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

M.A. SEREZHKIN, D.O. KLIMYUK

DEVELOPMENT OF METODOLOGY FOR DETERMINATION OF SEPARATED BEADS CONFIGURATION FOR INCREASING WEAR RESISTANCE OF ROTOR CONCRETE MIXERS SCRAPERS

Abstract. *The article presents the results of the analysis and simulation of working conditions of rotor concrete mixers` scrapers. On basis of conducted analysis methodology for determination of separated beads was developed: recommendations are made on conducting of simulation, design circum flexion of beads and other parameter using as example rotor concrete mixer SB138-B. Obtained methodology could be used for developing of separated beads` configuration for increasing wear resistance of rotor concrete mixers` scrapers.*

Keywords: *Concrete mixer, scraper, hydroabrasive wear, wear resistance, electric arc welding.*

BIBLIOGRAPHY

1. Hendrik G. van Oss. World Production and Capacity of concrete / Hendrik G. van Oss. // U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, 2018. – 111 s.

2. Orlov, B.N. Issledovaniye iznosa rabochikh elementov mashin i stroitel'nogo oborudovaniya. Ikh klassifikatsiya po tekhnologicheskim priznakam / B.N. Orlov // Prirodoobustroystvo. – 2013. – №4. – S. 23–24.

3. Betonosmesitel SB-138B (1500 l): [Elektronnyy resurs] // OAO «Yarstroytekhnik». URL: <http://www.yarst.ru/betonosmesiteli/sb138b/> (Data obrashcheniya: 05.09.2018).

4. Rybakova, L.M. Struktura i iznosostoykost metalla / L.M. Rybakova, L.I. Kuksenova. – M.: Mashinostroyeniye, 1982. – 209 s.

5. Gafo, YU.N. Elektrotermicheskaya naplavka poroshkovykh materialov na uzly treniya / YU.N. Gafo // Novyye materialy i tekhnologii v mashinostroyenii: Sb. nauch. tr. mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Bryansk: BGITA, 2008. Vyp. 8. S. 23–26.

6. Ozhegov, N.M. Povysheniye resursa rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin na osnove sovershenstvovaniya naplavochnykh tekhnologiy / N.M. Ozhegov, V.A. Ruzhyev, D.A. Kaposhko, i dr. // Trudy GOSNITI, 2016. – 333 s.

7. Gustov, YU.I. Povysheniye iznosostoykosti rabochikh organov i sopryazheniy stroitelnykh mashin: dissertatsiya... doktora tekhnicheskikh nauk: 05.05.04. – Moskva, 1993. – 529 s.

8. Mishagin, D.P. Povysheniye iznosostoykosti lopastey smesitelya prinuditel'nogo deystviya / D.P. Mishagin, YU.I. Gustov // Integratsiya, partnerstvo i innovatsii v stroitel'noy nauke i obrazovanii: sb. st. (Moskva, 16–17 noyabrya 2016).

9. Ozhegov, N.M. Metody snizheniya iznashivayushchey sposobnosti pochvy pri trenii detaley pochvoobrabatyvayushchikh mashin / N.M. Ozhegov, D.A. Kaposhko, S.I. Budko // Izvestiya Sankt–Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2009. – № 13 – S. 132–133.
10. Selezov, A.V. Povysheniye resursa i iznosostoykosti strelchatykh lap kultivatora metodom naplavki iznosostoykikh valikov / A.V. Selezov, S.I. Kashaykin, D.A. Dobrin // Akademiya pedagogicheskikh idey «Novatsiya». Seriya: Studencheskiy nauchnyy vestnik. – 2018. – № 01 (yanvar). – ART 16–el. – 0,2 p.l.
11. Isachenko, V.P. Teploperedacha / V.P. Isachenko, V.A. Osipova, A.S. Sukomel. – M.: Energiya, 1981. – 417 s.
12. Ulisses T. Bezerra Rheological properties of portland cement slurries containing biopolymer effects of the variation of the water/cement ratio, ageing and biopolymer concentration / Ulisses T. Bezerra, Antonio E. Martinelli. // 3rd International RILEM Symposium on Rheology of Cement Suspensions such as Fresh Concrete. 2009.
13. Khrushchov M.M., Babichev M.A. Abrazivnoye iznashivaniye / M.M. Khrushchov, M.A. Babichev. – M.: Nauka, 1970. – 247 s.
14. Yampolskiy, G.YA. Issledovaniya abrazivnogo iznosa elementov par treniya kacheniya / G.YA. Yampolskiy, I.V. Kragelskiy. – M.: Nauka, 1973. – 63 s.
15. Poroshkovaya svarohnaya provoloka EnDOtec® DO*30: [Elektronnyy resurs]//Castolin Eutectic URL: [https://www.castolin.com/ru–RU/product/endotec–do30\(Data obrashcheniya: 10.11.2018\)](https://www.castolin.com/ru–RU/product/endotec–do30(Data obrashcheniya: 10.11.2018)).

Serezhkin Mikhail Aleksandrovich
Bauman Moscow State Technical University
Candidate of Tech. Science, Assistant of Department
«Technology of material working»
105005, Moscow, 2–ya Baumanskaya, 5
Tel.: +7 (499) 267–00–96
E–mail:serezhkin@bmsu.ru

Klimyuk Daniil Olegovich
Bauman Moscow State Technical University
Student of Department «Technology of material working»
105005, Moscow, 2–ya Baumanskaya, 5
Tel.: +7 (499) 267–00–96
E–mail:mt13@bmsu.ru

УДК 621.7.013

Н.В. КАНАТНИКОВ, П.А. КАНАТНИКОВА, С.В. КОЖУС, А.С. ПАШМЕНТОВА

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СИЛЫ РЕЗАНИЯ, ВОЗНИКАЮЩЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ НЕЭВОЛЬВЕНТНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос прогнозирования осевых составляющих силы резания на основе новой модели механической обработки неэвольвентных зубчатых колес. Модель основана на методологии пространственного отображения схемы резания. Модель позволяет рассчитать множество параметров процесса резания, учет которых необходим для проведения численного моделирования. Физические параметры процесса исследуются в виртуальной среде конечно–элементного анализа Deform 3D.

Ключевые слова: неэвольвентные зубчатые колеса, аналитическое моделирование резания, численное моделирование резания, сила резания, осевые составляющие силы резания.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 18–38–00037\18.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Recent advances in modelling of metal machining processes / P. J. Arrazola et al. // CIRP Annals–Manufacturing Technology. – 2013. – Т. 62. – №. 2. – С. 695–718.
2. An analytical predictive model and experimental validation for machining with grooved tools incorporating the effects of strains, strain–rates, and temperatures / N. Fang, I. S. Jawahir // CIRP Annals–Manufacturing Technology. – 2002. – Т. 51. – №. 1. – С. 83–86.
3. Recent advances in plasticity applications in metal machining: slip–line models for machining with rounded cutting edge restricted contact grooved tools / X. Wang, I. S. Jawahir // International Journal of Machining and Machinability of Materials. – 2007. – Т. 2. – №. 3–4. – С. 347–360.
4. Prediction of micro–milling forces with finite element method / X. Jin, Y. Altintas // Journal of Materials Processing Technology. – 2012. – Т. 212. – №. 3. – С. 542–552.
5. A hybrid cutting force model for high–speed milling of titanium alloys / Z. G. Wang et al. // CIRP Annals–Manufacturing Technology. – 2005. – Т. 54. – №. 1. – С. 71–74.
6. Predictive cutting force model in complex–shaped end milling based on minimum cutting energy / T. Matsumura, E. Usui //International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2010. – Т. 50. – №. 5. – С. 458–466.

7. Cutting force prediction in drilling of titanium alloy / S. Tamura, T. Matsumura, P. J. Arrazola // Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing. – 2012. – Т. 6. – №. 6. – С. 753–763.
8. Экспериментальное исследование сил резания при обработке зубчатых колес передачи Новикова / Ю. Н. Стеблецов, А. С. Тарапанов, Г. А. Михайлов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2011. – №. 6. – С. 95–101.
9. Определение сил резания процесса нарезания зубчатых колес передачи Новикова червячными фрезами / Ю. Н. Стеблецов, А. С. Тарапанов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2010. – №. 5–2. – С. 31–34.
10. Силы резания при зубодолблении колес с внутренними зубьями неэвольвентного профиля / Р. В. Анисимов, А. С. Тарапанов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2012. – №. 5. – С. 86–93.
11. Discrete Cutting Force Model for 5–Axis Milling with Arbitrary Engagement and Feed Direction / L. Berglind, D. Plakhotnik, E. Ozturk // Procedia CIRP. – 2017. – Т. 58. – С. 445–450.
12. Харламов, Г. А. Теория проектирования процессов лезвийной обработки / Г. А. Харламов, А. С. Тарапанов. – М.: Машиностроение, 2003.
13. Improving Efficiency of Gear Shaping of Wheels with Internal Non–involute Gears / A. Tarapanov et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2016. – Т. 127. – №. 1. – С. 012052.

Канатников Никита Владимирович

ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» г. Орел
кандидат технических наук, доцент кафедры
машиностроения
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел.: + 7 (4862) 419895
E–mail: NKanatnikov@yandex.ru

Канатникова Полина Андреевна

ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» г. Орел
магистр кафедры «Программная инженерия»
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
тел.: + 7 (4862) 419895
E–mail: polinakanatnikova@yandex.ru

Кожус Сергей Валерьевич

ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» г. Орел
магистр кафедры машиностроения
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
тел.: + 7 (4862) 413295
E–mail: okozhus@mail.ru

Пашментова Анна Сергеевна

ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» г. Орел
аспирант кафедры машиностроения
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
тел.: + 7 (4862) 419895
E–mail: adjourn@yandex.ru

N.V. KANATNIKOV, P.A. KANATNIKOVA, S.V. KOZHUS, A.S. PASHMENTOVA

**PREDICTION THE FORCE OF CUTTING ARISING DURING
THE PROCESSING OF NON–EVOLVENT BEVEL GEARS**

Abstract. *The article considers the question of predicting the axial components of cutting forces based on new models of machining non–involute bevel gears. The model is based on the methodology of spatial representation of the cutting scheme. The model allows to calculate many parameters of the modeling process. The physical parameters of the process are investigated in the virtual environment of the finite–element analysis Deform 3D. This work was supported by the grant of the Russian Foundation for Basic Research No. 18–38–00037 \ 18.*

Keywords: *non–involute gears, analytical modeling of cutting, numerical modeling of cutting, cutting force, axial components of cutting force*

BIBLIOGRAPHY

1. Arrazola P. J. et al. Recent advances in modelling of metal machining processes // CIRP Annals–Manufacturing Technology. – 2013. – Т. 62. – №. 2. – S. 695–718.
2. Fang N., Jawahir I. S. An analytical predictive model and experimental validation for machining with grooved tools incorporating the effects of strains, strain–rates, and temperatures // CIRP Annals–Manufacturing Technology. – 2002. – Т. 51. – №. 1. – S. 83–86.
3. Wang X., Jawahir I. S. Recent advances in plasticity applications in metal machining: slip–line models for machining with rounded cutting edge restricted contact grooved tools // International Journal of Machining and Machinability of Materials. – 2007. – Т. 2. – №. 3–4. – S. 347–360.
4. Jin X., Altintas Y. Prediction of micro–milling forces with finite element method // Journal of Materials Processing Technology. – 2012. – Т. 212. – №. 3. – S. 542–552.
5. Wang Z. G. et al. A hybrid cutting force model for high–speed milling of titanium alloys // CIRP Annals–Manufacturing Technology. – 2005. – Т. 54. – №. 1. – S. 71–74.

6. Matsumura T., Usui E. Predictive cutting force model in complex-shaped end milling based on minimum cutting energy //International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2010. – Т. 50. – №. 5. – S. 458–466.
7. Tamura S., Matsumura T., Arrazola P. J. Cutting force prediction in drilling of titanium alloy //Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing. – 2012. – Т. 6. – №. 6. – S. 753–763.
8. Ctebleczov Yu. N., Tarapanov A. S., Mixajlov G. A. E'ksperimental'noe issledovanie sil rezaniya pri obrabotke zubchaty'x koles peredachi Novikova //Fundamental'ny'e i prikladny'e problemy' tekhniki i texnologii. – 2011. – №. 6. – S. 95–101.
9. Stebleczov Yu. N., Tarapanov A. S. Opredelenie sil rezaniya processa narezaniya zubchaty'x koles peredachi Novikova chervyachny'mi frezami //Fundamental'ny'e i prikladny'e problemy' tekhniki i texnologii. – 2010. – №. 5–2. – S. 31–34.
10. Anisimov R. V., Tarapanov A. S. Sily' rezaniya pri zubodolbleniya koles s vnutrennimi zub'yami nee'vol'ventnogo profilya //Fundamental'ny'e i prikladny'e problemy' tekhniki i texnologii. – 2012. – №. 5. – S. 86–93.
11. Berglind L., Plakhotnik D., Ozturk E. Discrete Cutting Force Model for 5–Axis Milling with Arbitrary Engagement and Feed Direction //Procedia CIRP. – 2017. – Т. 58. – S. 445–450.
12. Xarlamov G. A., Tarapanov A. S. Teoriya proektirovaniya processov lezvijnoj obrabotki. – M.: Mashinostroenie, 2003.
13. Tarapanov A. et al. Improving Efficiency of Gear Shaping of Wheels with Internal Non–involute Gears //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2016. – Т. 127. – №. 1. – S. 012052.

Kanatnikov Nikita Vladimirovich

«OSU named after I.S. Turgenev» Orel
Cand. of Tech. Sc., Associate Professor of the
department of mechanical engineering
302026, Orel, Komsomolskaya st., 95
Ph.: + 7 (4862) 419895
E–mail: NKanatnikov@yandex.ru

Kanatnikova Polina Andreevna

«OSU named after I.S. Turgenev» Orel
Master student of the department «Software engineering»
302026, Orel, Komsomolskaya st., 95
Ph.: + 7 (4862) 419895
E–mail: polinakanatnikova@yandex.ru

Kozhus Sergey Valerievich

«OSU named after I.S. Turgenev» Orel
Master of the department of mechanical engineering
302026, Orel, Komsomolskaya st., 95
Ph.: + 7 (4862) 413295
E–mail: okozhus@mail.ru

Pashmentova Anna Sergeevna

«OSU named after I.S. Turgenev» Orel
graduate student of the department of mechanical
engineering engineering
302026, Orel, Komsomolskaya st., 95
Ph.: + 7 (4862) 419895
E–mail: adjourn@yandex.ru

УДК 621.19

Н.В. КАНАТНИКОВ, С.Ю. РАДЧЕНКО, А.С. ПАШМЕНТОВА, С.А. ШМАНЕВ

ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС СТАНДАРТНОГО И СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

***Аннотация.** В статье представлена оптимизационная модель, позволяющая найти режимы обработки зубчатых колес стандартного и специального профиля. В основе представленной модели лежит новый для решения задач оптимизации технологических операций подход гибридного моделирования. Представленный подход позволяет использовать для нахождения области допустимых значений режимов обработки как аналитические и эмпирические зависимости, так и зависимости, полученные путем проведения численных экспериментов в виртуальной среде.*

***Ключевые слова:** оптимизация режимов резания, обработка зубчатых колес, аналитическое моделирование, численное моделирование, эмпирическое моделирование, гибридное моделирование*

Работа выполнена при поддержке гранта Российской научный фонд № 17–79–10316.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Klocke, F. Influence of gear design on tool load in Bevel Gear Cutting // F. Klocke, M. Brumm, S. Herzhoff //Procedia CIRP. – 2012. – Т. 1. – С. 66–71.
2. Onwubolu, G. C. Optimization of multipass turning operations with genetic algorithms // G. C. Onwubolu, T. Kumalo //International Journal of Production Research. – 2001. – Т. 39. – №. 16. – С. 3727–3745.
3. Shin, Y. C. Optimization of machining conditions with practical constraints // Y. C. Shin, Y. S. Joo //The International Journal of Production Research. – 1992. – Т. 30. – №. 12. – С. 2907–2919.

4. Дерли, А. Н. Повышение эффективности зубодолбления // А. Н. Дерли, А. С. Тарапанов, Г. А. Харламов // Орел: ОрелГТУ. – 2008.
5. Канатников, Н. В. Методика гибридного прогностического моделирования лезвийной обработки зубчатых колес стандартного и специального профиля / Н. В. Канатников, Г. А. Харламов, А. С. Пашментова, А. А. Гуков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2018. – № 2 (328) – С. 41–49.
6. Кроль, О. С. Методы и процедуры оптимизации режимов резания // О. С. Кроль. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля. – 2003.
7. Полохин, О. В. Нарезание зубчатых профилей инструментами червячного типа // О. В. Полохин, А. С. Тарапанов, Г. А. Харламов – М: Машиностроение – 2007.
8. Рыжов, Э. В. Оптимизация технологических процессов механической обработки // Э. В. Рыжов, В. И. Аверченков – Киев: Наук. думка. – 1989.
9. Силин, С. С. Метод подобия при резании материалов // С. С. Силин, – М.: Машиностроение. – 1979.
10. Суслов, А. Г. Инженерия поверхности деталей // А. Г. Суслов и др. М: Машиностроение – 2008.
11. Харламов, Г. А. Определение средней высоты профиля шероховатости поверхности, возникающей в процессе зубострогания конических зубчатых колес / Г. А. Харламов, Н. В. Канатников // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – №. 8. – С.117–121.
12. Харламов, Г. А. Теория проектирования процессов лезвийной обработки. / Г. А. Харламов, А. С. Тарапанов – М.: Машиностроение. – 2003.
13. Якобс, Г. Ю. Оптимизация резания: Параметризация способов обработки резанием с использованием технологической оптимизации / Г. Ю. Якобс и др. – М.: Машиностроение. – 1981.

Канатников Никита Владимирович

ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» г. Орел
кандидат технических наук, доцент кафедры
машиностроения
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел.: + 7 (4862) 419895
E-mail: NKanatnikov@yandex.ru

Радченко Сергей Юрьевич

ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» г. Орел
доктор технических наук, профессор,
проректор по НТДиАНК
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
тел.: +7(4862)475071
E-mail: radsu@rambler.ru

Пашментова Анна Сергеевна

ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» г. Орел
аспирант кафедры машиностроения
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
тел.: + 7 (4862) 419895
E-mail: adjourn@yandex.ru

Шманев Сергей Анатольевич

ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» г. Орел
аспирант кафедры машиностроения
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
тел.: + 7 (4862) 419895
E-mail: awj@list.ru

N.V. KANATNIKOV, S.Yu. RADCHENKO, A.S. PASHMENTOVA, S.A. SHMANEV

OPTIMIZATION MODEL OF PROCESSING MODES OF CUTTING BEVEL GEARS OF A STANDARD AND SPECIAL PROFILE

Abstract. *The article presents an optimization model that allows you to find the processing modes of cutting bevel gear of a standard and special profile. The presented model is based on the hybrid modeling approach that is new for solving optimization problems of technological operations. The proposed approach makes it possible to use both analytical and empirical dependencies and dependences obtained by conducting numerical experiments in a virtual environment to find the range of permissible values of processing modes.*

Keywords: *optimization of cutting modes, cutting gears, analytical modeling, numerical modeling, empirical modeling, hybrid modeling*

BIBLIOGRAPHY

1. Klocke, F. Influence of gear design on tool load in Bevel Gear Cutting // F. Klocke, M. Brumm, S. Herzhoff //Procedia CIRP. – 2012. – Т. 1. – С. 66–71.
2. Onwubolu, G. C. Optimization of multipass turning operations with genetic algorithms // G. C. Onwubolu, T. Kumalo //International Journal of Production Research. – 2001. – Т. 39. – №. 16. – С. 3727–3745.
3. Shin, Y. C. Optimization of machining conditions with practical constraints // Y. C. Shin, Y. S. Joo //The International Journal of Production Research. – 1992. – Т. 30. – №. 12. – С. 2907–2919.
4. Derli, A. N. Improved efficiency of gear shaping // A. N. Derli, A. S. Tarabanov, G. A. Kharlamov // Eagle: OrelGTU. – 2008.

5. Kanatnikov, N. V. Method of hybrid predictive modeling of the blade gear machining of standard and special profile / N. V. Kanatnikov, A. Kharlamov, A. S. Palmanova, Gukov A. A. // Fundamental and applied problems of technics and technology. – 2018. – № 2 (328) – P. 41–49.
6. Krol, O. S. Methods and procedures for optimization of cutting conditions // O. S. Krol. – Lugansk: Publishing house VNU. V. Dal. – 2003.
7. Polokhin, O. V. Cutting of gear profiles by tools of worm type // O. V. Polokhin, A. S. Tarapanov, G. A. Kharlamov – M:mechanical engineering – 2007.
8. Ryzhov, E. V. Optimization of technological processes of machining // E. V. Ryzhov, V. I. Averchenkov – Kyiv: Nauk. Dumka. – 1989.
9. Silin, S. S. Method of similarity in cutting materials // S. S. Silin, – M.: mechanical engineering. – 1979.
10. Suslov, A. G. surface Engineering of parts // A. G. Suslov et al. M:mechanical engineering – 2008.
11. Kharlamov, G. A. Determination of the average height of the surface roughness profile arising in the process of toothed bevel gears / G. A. Kharlamov, N. V. Kanatnikov // news of Tula state University. Technical science. – 2013. – no. 8. – P. 117–121.
12. Kharlamov, G. A. design Theory of blade machining processes. / G. A. Kharlamov, A. S. Tarapanov – M.:Mechanical Engineering. – 2003.
13. Jacobs, G. Y. Optimization of cutting: Parameterisation methods of machining with the use of technological optimization / G. J. Jacobs, and others – M.: mechanical engineering. – 1981.

Kanatnikov Nikita Vladimirovich

«OSU named after I.S. Turgenev» Orel
Cand. of Tech. Sc., Associate Professor of the
department of mechanical engineering
302026, Orel, Komsomolskaya st., 95
Ph.: + 7 (4862) 419895
E-mail: NKanatnikov@yandex.ru

Radchenko Sergey Yurevich

«OSU named after I.S. Turgenev» Orel
doctor of technical Sciences, Professor,
Vice-rector
302026, Orel, Komsomolskaya st., 95
Ph.: + 7 (4862) 475071
E-mail: radsu@rambler.ru

Pashmentova Anna Sergeevna

«OSU named after I.S. Turgenev» Orel
graduate student of the department of mechanical
engineering engineering
302026, Orel, Komsomolskaya st., 95
Ph.: + 7 (4862) 419895
E-mail: adjourn@yandex.ru

Shmanev Sergey Anatolyevich

«OSU named after I.S. Turgenev» Orel
graduate student of the department of mechanical
engineering engineering
302026, Orel, Komsomolskaya st., 95
Ph.: + 7 (4862) 419895
E-mail: awj@list.ru

МАШИНОВЕДЕНИЕ И МЕХАТРОНИКА

УДК 621.82

М.Э. БОНДАРЕНКО

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ОПОРЫ С ИЗМЕНЯЕМЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы экспериментальных исследований жесткости и демпфирования комбинированной опоры. Данное исследование необходимо с целью проверки работоспособности комбинированной опоры, а также верификации разработанной ранее математической модели. В работе представлено описание исследуемой опоры и экспериментального стенда. Описана информационно-измерительная система сбора и обработки информации. Результаты испытаний сравнивались с численными результатами математического моделирования.

Ключевые слова: жесткость, демпфирование, комбинированная опора, экспериментальный стенд.

Работа выполнена в рамках выполнения проекта РНФ №16–19–00186 «Планирование оптимальных по расходу энергии траекторий движения роторов мехатронных модулей в средах сложной реологии» (разработка математической модели и проведение вычислительного эксперимента) и Министерства науки и высшего образования проект №9.2952.2017/ПЧ «Создание многофункционального лабораторно-методологического комплекса общинженерной подготовки» (изготовление экспериментального стенда и проведение экспериментальных исследований).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаевик, Д.Т. Подшипниковые опоры современных машин / Д.Т. Гаевик // М.: Машиностроение, 1985. – 248 с.
2. Горюнов, Л.В. Особенности работы совмещенной опоры в системе авиационного ГТД / Л.В. Горюнов, В.В. Такмовцев, В.С. Гагай, А.Н. Королев, Л.И. Бурлаков // Вестник Казан. гос. техн. ун-та им. А.Н. Туполева, 1998. – № 3. – С. 12–14.
3. Ханович, М.Г. Опоры жидкостного трения и комбинированные опор / М.Г. Ханович. – Л.: Машгиз, 1960. – 272 с.
4. Experimental evaluation of the series hybrid rolling bearing / R.J. Parker, D.P. Fleming, W.J. Anderson, H.H. Coe. – NASA TN D–7011, 1970. – 27 p.
5. Butner, M.F. Space shuttle main engine long-life bearings / M.F. Butner, B.T. Murphy. – NASA CR179455, 1986. – 163 p.
6. Nielson C.E. Hybrid hydrostatic/ball bearings in highspeed turbomachiner / C.E. Nielson. – NASA CR–168124, 1982. – 386 p.
7. Harnoy, A. Hydro-Roll: A novel bearing design with superior thermal characteristics / A. Harnoy, M. Khonsary // Tribology transactions, 1996. – Vol. 39. – PP. 455–461.
8. Dun, L. Static characteristics of a new hydrodynamic-rolling hybrid bearing / L. Dun, Z. Wanhua, L. Bingheng, Z. Juan // Tribology International, 2012. – Vol. 48. – PP. 87–92.
9. Jeong, S. Effects of eccentricity and vibration response on high-speed rigid rotor supported by hybrid foil-magnetic bearing // S. Jeong, Y. Lee // Journal of mechanical engineering science, 2015. – Vol. 230. – PP. 994–1006.
10. Feng, K. Experimental evaluation of the structure characterization of a novel hybrid bump-metal mesh foil bearing / K. Feng, Y. Liu, X. Zhao, W. Liu // Journal of tribology, 2015. – Vol. 138.
11. Delgado, A. Experimental identification of dynamic force coefficients for a 110 mm compliantly damped hybrid gas bearing / A. Delgado // Journal of engineering for gas turbines and power, 2014. – Vol. 137.
12. Поляков, Р.Н. Основы теории и методология расчета комбинированных опор роторов: дис. д-ра. техн. наук: 05.02.02 / Поляков Роман Николаевич. – 2017. – 439 с.
13. Бондаренко М.Э., Поляков Р.Н. Комбинированная опора // Патент РФ №2561199. 2014. Бюл. №24.
14. Шенк, Х. Теория инженерного эксперимента / Х. Шенк. – М.: Книга по Требованию, 2013 – 321 с.
15. Джонсон, Н. Статистика и планирование эксперимента в науке и технике / Н. Джонсон. – Москва, 1981. – 182 с.
16. Лавренчик, В.Н. Постановка физического эксперимента и статистическая обработка его результатов / В.Н. Лавренчик. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 272 с.
17. Peng, J. Calculation of stiffness and damping coefficients for elastically supported gas foil bearings / J. Peng, M. Carpino // Transactions of the ASME, 1993. – Vol. 115. – PP. 20–27.
18. Jeong, S. Rigid mode vibration control and dynamic behavior of hybrid foil-magnetic bearing turbo power / S. Jeong, D. Jeon, Y. Lee // Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 2017. – Vol. 139.
19. Tian, Y. Structural stiffness and damping coefficients of a multileaf foil bearing with bump foils underneath / Y.

Tian, Y. Sun, L. Yu // Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 2014. – Vol. 136.

Бондаренко Максим Эдуардович

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

Ассистент кафедры мехатроники, механики и робототехники

E-mail: maxbondarenko22@yandex.ru

M.E. BONDARENKO

EXPERIMENTAL STUDY OF THE HYBRID BEARING WITH VARIABLE DYNAMIC CHARACTERISTICS

Abstract. *The paper considers questions of experimental research of stiffness and damping of a hybrid bearing. This research is required to check adequacy of the developed theoretical basics and applicability of a high-speed rotor to real operation. The paper presents description of the hybrid bearing and a test rig, choice of controlled and measured parameters, elements of the control and measurement system. The test results have been compared to numerical results of mathematical modeling.*

Keywords: *stiffness, damping, hybrid bearing, test rig.*

BIBLIOGRAPHY

1. Gayevik, D.T. Podshipnikovyye opory sovremennykh mashin / D.T. Gayevik // M.: Mashinostroyeniye, 1985. – 248 s.
2. Goryunov, L.V. Osobennosti raboty sovmeshchennoy opory v sisteme aviatsionnogo GTD / L.V. Goryunov, V.V. Takmoltsev, B.C. Gagay, A.N. Korolev, L.I. Burlakov // Vestnik Kazan. gos. tekhn. un-ta im. A.N. Tupoleva, 1998. – № 3. – S. 12–14.
3. Khanovich, M.G. Opory zhidkostnogo treniya i kombinirovannyye opor / M.G. Khanovich. – L.: Mashgiz, 1960. – 272 s.
4. Experimental evaluation of the series hybrid rolling bearing / R.J. Parker, D.P. Fleming, W.J. Anderson, H.H. Coe. – NASA TN D-7011, 1970. – 27 p.
5. Butner, M.F. Space shuttle main engine long-life bearings / M.F. Butner, B.T. Murphy. – NASA CR179455, 1986. – 163 p.
6. Nielson C.E. Hybrid hydrostatic/ball bearings in highspeed turbomachiner / C.E. Nielson. – NASA CR-168124, 1982. – 386 p.
7. Harnoy, A. Hydro-Roll: A novel bearing design with superior thermal characteristics / A. Harnoy, M. Khonsary // Tribology transactions, 1996. – Vol. 39. – PP. 455–461.
8. Dun, L. Static characteristics of a new hydrodynamic-rolling hybrid bearing / L. Dun, Z. Wanhua, L. Bingheng, Z. Juan // Tribology International, 2012. – Vol. 48. – PP. 87–92.
9. Jeong, S. Effects of eccentricity and vibration response on high-speed rigid rotor supported by hybrid foil-magnetic bearing // S. Jeong, Y. Lee // Journal of mechanical engineering science, 2015. – Vol. 230. – PP. 994–1006.
10. Feng, K. Experimental evaluation of the structure characterization of a novel hybrid bump-metal mesh foil bearing / K. Feng, Y. Liu, X. Zhao, W. Liu // Journal of tribology, 2015. – Vol. 138.
11. Delgado, A. Experimental identification of dynamic force coefficients for a 110 mm compliantly damped hybrid gas bearing / A. Delgado // Journal of engineering for gas turbines and power, 2014. – Vol. 137.
12. Polyakov, R.N. Osnovy teorii i metodologiya rascheta kombinirovannykh opor rotorov: dis. d-ra. tekhn. nauk: 05.02.02 / Polyakov Roman Nikolayevich. – 2017. – 439 s.
13. Bondarenko M.E., Polyakov R.N. Kombinirovannaya opora // Patent RF №2561199. 2014. Byul. №24.
14. Shenk, KH. Teoriya inzhenernogo eksperimenta / KH. Shenk. – M.: Kniga po Trebovaniyu, 2013 – 321 s.
15. Dzhonson, N. Statistika i planirovaniye eksperimenta v nauke i tekhnike / N. Dzhonson. – Moskva, 1981. – 182 s.
16. Lavrenchik, V.N. Postanovka fizicheskogo eksperimenta i statisticheskaya obrabotka yego rezultatov / V.N. Lavrenchik. – M.: Energoatomizdat, 1986. – 272 s.
17. Peng, J. Calculation of stiffness and damping coefficients for elastically supported gas foil bearings / J. Peng, M. Carpino // Transactions of the ASME, 1993. – Vol. 115. – PP. 20–27.
18. Jeong, S. Rigid mode vibration control and dynamic behavior of hybrid foil-magnetic bearing turbo power / S. Jeong, D. Jeon, Y. Lee // Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 2017. – Vol. 139.
19. Tian, Y. Structural stiffness and damping coefficients of a multileaf foil bearing with bump foils underneath / Y. Tian, Y. Sun, L. Yu // Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 2014. – Vol. 136.

Bondarenko Maxim Eduardovich

Orel State University

Assistent of the Department mechatronics, mechanics and robotics

E-mail: maxbondarenko22@yandex.ru

УДК 62–529, 621.314.26

П.А. БЕЗМЕН, А.П. БУРЦЕВ, М.С. ГЕРАСИМОВ

АНАЛОГОВАЯ И ЦИФРОВАЯ ШИРОТНО–ИМПУЛЬСНАЯ МОДУЛЯЦИЯ В МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫХ УСТРОЙСТВАХ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Аннотация. В данной статье приведено исследование и разработана схема работы широтно–импульсной модуляции, в основе которой лежит принцип регулировки выходных параметров электронных устройств мехатронных систем и поддержания их на заданном уровне. Метод широтно–импульсной модуляции применяется для регулирования параметров мехатронных устройств, а также в управлении блоках питания (БП) импульсного типа, что позволяет регулировать яркость подсветки жидкокристаллических дисплеев. Задача ШИМ контроллера состоит в управлении силовым ключом за счёт изменения управляющих импульсов. Работая в ключевом режиме, транзистор находится в одном из двух состояний (полностью открыт, полностью закрыт). В закрытом состоянии ток через р–п–переход не превышает несколько мкА, а значит, мощность рассеивания стремится к нулю. В открытом состоянии, несмотря на большой ток, сопротивление р–п–перехода чрезмерно мало, что также приводит к незначительным тепловым потерям. Наибольшее количество тепла выделяется в момент перехода из одного состояния в другое. Но за счёт малого времени переходного процесса по сравнению с частотой модуляции, мощность потерь при переключении незначительна. За основу предлагается использовать схему однотактного ШИМ контроллера UC3843. Микросхема генерирует прямоугольные импульсы с частотой 120–125 кГц, этот сигнал поступает на затвор полевого транзистора. Когда открыт транзистор, в дросселе накапливается некоторая энергия. После закрытия ключа, дроссель отдаёт накопленную энергию. Это явление называют самоиндукцией, которое свойственно индуктивным нагрузкам.

Ключевые слова: микроконтроллер, мехатронная система, модуляция, напряжение, манипулятор, сигнал, компаратор, амплитуда, транзистор, мощность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, Ю.И. Микропроцессорные устройства систем управления / Ю.И. Иванов, В.Я. Югай. – ТРГУ, 2005. – 133 с.
2. Безмен, П.А. Работа следящих приводов при наличии запаздывания и цифровых датчиков в цепи обратной связи / П.А. Безмен, К.Г. Казарян, О.С. Тарасов, А.В. Жиронкин // Естественные и технические науки. – 2016. – №8. – С. 47–51.
3. Суханова, Н.В. Основы электроники и цифровой схемотехники: учеб. пособие/ Н.В. Суханова; Воронеж. гос. ун–т инж. технол. Воронеж: ВГУИТ, 2017. 95 с.
4. Белов, А.В. Конструирование устройств на микроконтроллерах / А.В. Белов. – СПб.: Наука и Техника, 2005. – 256 с.
5. Волович, Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого–цифровых электронных устройств / Г.И. Волович. М.: Издательский дом Додека–XXI, 2005.–528 с.
6. Широтно–импульсная модуляция [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://electricalschool.info/electronica/1759–shirotno–impulsnaja–moduljacija.html> (последнее обращение 16.02.19)
7. Аналоговая и цифровая ШИМ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrotehnika/shirotno–impulsnaia–moduljatsiia/> (последнее обращение 18.02.19)
8. Хоровиц, П., Хилл, У. Искусство схемотехники: Пер. с англ. Изд. 2–е. / П. Хоровиц, У. Хилл. – М.: Издательство БИНОМ. 2014. – 704 с., ил.
9. Шилов, Ю.В. Радиотехнические цепи и сигналы: лабораторный практикум / Ю.В. Шилов. Екатеринбург: Изд–во Урал. Ун–та, 2017. 160 с.
10. Точный и быстрый преобразователь цифрового сигнала ШИМ в аналоговое напряжение [Электронный ресурс]. Режим доступа: [_https://www.flocman.ru/shem/schematics.html?di=162624](https://www.flocman.ru/shem/schematics.html?di=162624) (последнее обращение 20.02.19).

Бурцев Александр Петрович
ФГБОУ ВО Юго–Западный
государственный университет г.
Курск
Студент
305040, г. Курск, ул. 50 лет
Октября, 94
Тел. +7(915)–517–04–48

Герасимов Михаил Сергеевич
ФГБОУ ВО Юго–Западный
государственный университет г.
Курск
Студент
305040, г. Курск, ул. 50 лет
Октября, 94
Тел. +7(951)–085–48–09

Безмен Пётр Анатольевич
ФГБОУ ВО Юго–Западный
государственный университет г.
Курск
Кандидат технических наук доцент
кафедры механики, мехатроники и
робототехники
305040, г. Курск, ул. 50 лет

P.A. BEZMEN, A.P. BURTSEV, M.S. GERASIMOV

ANALOG AND DIGITAL PULSE WIDTH MODULATION IN MICROCONTROLLER TECHNICIS

Abstract. *The paper presents a study and development of pulse width modulation scheme, which is based on the principle of adjusting the output parameters of electronic devices and maintain them at a given level. The pulse width modulation method is used to control the parameters of electronic devices, as well as to control the power supply units (PSU) of the pulse type, which allows to adjust the backlight brightness of liquid crystal displays. The task of a PWM controller is to control the power transistor by changing the control pulses. Operating in key mode, the transistor is in one of two states (full open, full closed). In the full closed state, a current through the p-n junction does not exceed several microamperes, which means that a scattering power tends to zero. In the full open state, despite a high current, the resistance of the p-n junction is excessively small, which also leads to minor thermal losses. The greatest amount of heat is released at the time of transition from one state to another. Due to the short transition time, compared to the modulation frequency, the power loss is not significant during switching of transistor states. There is offered the step-type PWM circuit based on the UC3843 controller. The micro-circuit generates rectangular pulses with a frequency of 120–125 kHz, this signal goes to a transistor gate. When a transistor is opened, some energy accumulates in a choke, and when a transistor is closed, a choke gives the accumulated energy. This phenomenon is called self-induction, which is inherent in inductive loads.*

Keywords: *microcontrollers, pulse width modulation, voltage, signal, comparator, amplitude, transistor, power.*

BIBLIOGRAPHY

1. Ivanov, YU.I. Mikroprotsessornyye ustroystva sistem upravleniya / YU.I. Ivanov, V.YA. Yugay. – TRGU, 2005. – 133 s.
2. Bezmen, P.A. Rabota sledyashchikh privodov pri nalichii zapazdyvaniya i tsifrovyykh datchikov v tsepi obratnoy svyazi / P.A. Bezmen, K.G. Kazaryan, O.C. Tarasov, A.V. Zhironkin // Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki. – 2016. – №8. – S. 47–51.
3. Sukhanova, N.V. Osnovy elektroniki i tsifrovoy skhemotekhniki: ucheb. posobiye/ N.V. Sukhanova; Voronezh. gos. un-t inzh. tekhnol. – Voronezh: VGUI, 2017. – 95 s.
4. Belov, A.V. Konstruirovaniye ustroystv na mikrokontrollerakh / A.V. Belov. – Spb.: Nauka i Tekhnika, 2005. – 256 s.
5. Volovich, G.I. Skhemotekhnika analogovykh i analogo-tsifrovyykh elektronnykh ustroystv / G.I. Volovich. M.: Izdatelskiy dom Dodeka-XXI, 2005.–528 s.
6. Shirotno-impulsnaya modulyatsiya [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <http://electricalschool.info/electronica/1759-shirotno-impulsnaja-moduljacija.html> (posledneye obrashcheniye 16.02.19)
7. Analogovaya i tsifrovaya SHIM [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrotehnika/shirotno-impulsnaia-moduliatsiya/> (posledneye obrashcheniye 18.02.19)
8. Khorovits, P., Khill, U. Iskusstvo skhemotekhniki: Per. s angl. Izd. 2-ye. / P. Khorovits, U. Khill. – M.: Izdatelstvo BINOM. 2014. – 704 s., il.
9. Shilov, YU.V. Radiotekhnicheskiye tsepi i signaly: laboratornyy praktikum / YU.V. Shilov. – Yekaterinburg: Izd-vo Ural. Un-ta, 2017. – 160 s.
10. Tochnyy i bystryy preobrazovatel tsifrovogo signala SHIM v analogovoye napryazheniye [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.rlocman.ru/shem/schematics.html?di=162624> (posledneye obrashcheniye 20.02.19)

Burtsev, Aleksandr Petrovich

Of the South-West
state University of Kursk
Student

305040, Kursk, ul. 50 let Oktyabrya,
94

Ph.+7(915)-517-04-48

E-mail: burtsev-999@mail.ru

Gerasimov Mikhail Sergeevich

Of the South-West
state University of Kursk
Student

305040, Kursk, ul. 50 let Oktyabrya,
94

Ph. +7(951)-085-48-09

E-mail: naalyeheci@gmail.com

Bezmen Petr Anatolievich

Of the South-West
state University of Kursk
Candidate of technical Sciences
associate Professor of mechanics,
mechatronics and robotics

305040, Kursk, ul. 50 let Oktyabrya,
94

Ph. +7(920)-264-93-24

E-mail: pbezmen@yahoo.com

УДК 62 – 752:001.891.572

Е.Е. ПРОКОПОВ, А.В. ГОРИН

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ВИБРОЗАЩИТЫ С УПРАВЛЯЕМОЙ ЖЕСТКОСТЬЮ

Аннотация. В статье рассматриваются методы исследования процессов в системах виброзащиты с управляемой жесткостью. Представлены расчетные схемы и математическая модель системы виброзащиты с переключаемой жесткостью несущего упругого звена. Приведены результаты исследований, позволяющие сделать вывод, что, несмотря на существенно нелинейный характер колебаний, такие параметры как перемещение защищаемого объекта и деформация упругого звена близки к гармоническим. Выполнено описание и анализ графиков скорости и ускорения объекта. Для первых графиков характерно наличие пологих участков (изломов), образующихся вследствие переключения жесткости, а вторые имеют ярко выраженный нелинейный характер. Рассмотрены установившиеся колебания в резонансной зоне. Выявлен оптимальный алгоритм условия переключений жесткости, связанный со сменой знака произведения абсолютной и относительной скорости, при соответствующем соотношении жесткостей обеспечивает монотонное снижение уровней колебаний защищаемого объекта на всем рабочем диапазоне частот.

Ключевые слова: вибрация, виброзащита, жесткость, схема, математическая модель, осциллограммы.

Работа выполнена в рамках проекта № 9.2952.2017/4.6 государственного задания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернышев, В.И. Основы теории виброзащитных систем с непрямым импульсным управлением / В.И. Чернышев // Материалы международного научного симпозиума «Механизмы и машины ударного, периодического и вибрационного действия». – Орел: ОрелГТУ, 2000. – С.163 – 167.
2. Прокопов, Е.Е. Исследование подвески с амортизатором прерывистого действия для сиденья мобильных машин / Е.Е. Прокопов, В.И. Чернышев, О.В. Фомина // Механизация и электрофикация сельского хозяйства. – 2006. – №10. – С. 29 – 31.
3. Чупраков, Ю.И. Гидравлические системы защиты человека–оператора от общей вибрации / Ю.И. Чупраков – М.: Машиностроение, 1987. – 224 с.
4. Динамические свойства линейных виброзащитных систем / А.В. Синев, Ю.Г. Сафронов, В.С. Соловьев и др. – М.: Наука, 1982. – 206 с.
5. Чернышев, В.И. Расчет оптимальных параметров прерывистого демпфирования виброзащитных систем сухим трением / В.И. Чернышев, В.П. Росляков, О.В. Фомина // Материалы международного научного симпозиума «Механизмы и машины ударного, периодического и вибрационного действия». – Орел: ОрелГТУ, 2000 – С. 168 – 172.
6. Болотник, Н.Н. Оптимизация амортизационных систем / Н.Н. Болотник. – М.: Наука, 1983. – 256 с.
7. Горин, А.В. Объемный гидропривод комбинированной машины для образования скважин в грунтах: монография / А.В. Горин, Д.Н. Ешуткин, М.А. Горина. – Орел: Госуниверситет – УНПК, 2015. – 127 с.
8. Чегодаев, Д.Е. Управляемая виброизоляция / Д.Е. Чегодаев, Ю.В. Шатилов. – Самара, 1995. – 144 с.
9. Прокопов, Е.Е. Динамика систем виброзащиты с нелинейной характеристикой восстанавливающих сил / Е.Е. Прокопов // Материалы всероссийской научно–методической конференции «Проектирование машин, роботов и мехатронных систем». – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2017. – С.48–50.
10. Прокопов, Е.Е. Математическое моделирование низкочастотного амортизатора сиденья транспортного средства / Е.Е. Прокопов // Материалы международной научно–технической конференции «Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ–2015)». □ Курск: ЮЗГУ, 2015. – С.189–192.
11. Прокопов, Е.Е. Анализ динамики переключений жесткости / Е.Е. Прокопов // Известия Юго–Западного государственного университета. Серия техника и технологии. – 2016. – №3 (20). – С.124–128.

Прокопов Евгений Енорович
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. +79536210621
E–mail: bill.1970@yandex.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

E.E. PROKOPOV, A.V. GORIN

RESEARCH METHODS OF PROCESSES IN VIBRATION PROTECTION SYSTEMS WITH CONTROLLED HARDNESS

Abstract. *The article discusses the methods of research processes in the systems of vibration protection with controlled stiffness. Presented design schemes and a mathematical model of the system of vibration protection with switchable stiffness of the carrier elastic link. The results of studies are presented, which allow to conclude that, despite the essentially non-linear nature of the oscillations, such parameters as the movement of the protected object and the deformation of the elastic link are close to harmonic. A description and analysis of the velocity and acceleration graphs of the object has been carried out. For the first graphs, the presence of shallow sections (kinks) resulting from stiffness switching is characteristic, and the latter have a pronounced non-linear character. Considered steady-state oscillations in the resonance zone. The optimal algorithm for stiffness switching conditions associated with a change in the sign of the product of absolute and relative speed is revealed, with a corresponding ratio of stiffness provides a monotonous decrease in vibration levels of the protected object over the entire operating frequency range.*

Keywords: *vibration, vibration isolation, rigidity, diagram, mathematical model, waveforms.*

BIBLIOGRAPHY

1. Chernyshev, V.I. Osnovy teorii vibrozashchitnyh sistem s nepryamym impulsnym upravleniem / V.I. Chernyshev // Materialy mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma «Mekhanizmy i mashiny udarnogo, periodicheskogo i vibracionnogo dejstviya». – Orel: OrelGTU, 2000. – С.163 – 167.
2. Prokopov, E.E. Issledovanie podveski c amortizatorom preryvistogo dejstviya dlya sidenya mobilnyh mashin / E.E. Prokopov, V.I. Chernyshev, O.V. Fominova // Mekhanizatsiya i ehlektrofikatsiya selskogo hozyajstva. 2006. №10. – S. 29 – 31.
3. CHuprakov, YU.I. Gidravlicheskie sistemy zashchity cheloveka–operatora ot obshchej vibracii / YU.I. CHuprakov – M.: Mashinostroenie, 1987. – 224 s.
4. Dinamicheskie svojstva linejnyh vibrozashchitnyh sistem / A.V. Sinev, YU.G. Safronov, V.S. Solovev i dr. – M.: Nauka, 1982. – 206 s.
5. CHernyshev, V.I. Raschet optimalnyh parametrov preryvistogo dempfirovaniya vibrozashchitnyh sistem suhim treniem / V.I. CHernyshev, V.P. Roslyakov, O.V. Fominova // Materialy mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma «Mekhanizmy i mashiny udarnogo, periodicheskogo i vibracionnogo dejstviya». – Orel: OrelGTU, 2000 – S. 168 – 172.
6. Bolotnik, N.N. Optimizatsiya amortizatsionnyh sistem / N.N. Bolotnik. – M.: Nauka, 1983. – 256 s.
7. Gorin, A.V. Volumetric hydraulic drive of a combined machine for the formation of wells in soils: monograph / A.V. Gorin, D.N. Eshutkin, M.A. Gorina. Orel: State University – UNPK, 2015. – 127 p.
8. Chegodaev, D.E. Upravlyaemaya vibroizolyatsiya / D.E. CHegodaev, YU.V. SHatilov. – Samara, 1995. – 144 c.
9. Prokopov, E.E. Dinamika sistem vibrozashchity s nelinejnoy harakteristikoj vosstanavlivayushchih sil / E.E. Prokopov // Materialy vsrossijskoj nauchno–metodicheskoy konfrentsii «Proektirovanie mashin, robotov i mekhatronnyh sistem». – Orel: OGU im. I.S. Turgeneva, 2017. – S.48–50.
10. Prokopov, E.E. Matematicheskoe modelirovanie nizkochastotnogo amortizatora sidenya transportnogo sredstva / E.E. Prokopov // Materialy mezhdunarodnoj nauchno–tehnicheskoy konferencii «Sovremennye avtomobilnye materialy i tehnologii (SAMIT–2015)». Kursk: YUZGU, 2015. – S.189–192.
11. Prokopov, E.E. Analiz dinamiki pereklyuchenij zhestkosti / E.E. Prokopov // Izvestiya YUgo–Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya tekhnika i tehnologii. – 2016. – №3 (20). – С.124–128.

Prokopov Evgeniy Egorovich

Orel State University named after I.S. Turgenev
candidate of Technical Science, Associate Professor at
the Department of mechatronics, mechanics and robotics
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph.: +79536210621
E–mail: bill.1970@yandex.ru

Gorin Andrei Vladimirovich

Orel State University named after I.S. Turgenev
candidate of Technical Science, Associate Professor at
the Department of mechatronics, mechanics and robotics
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph.: +79102600267
E–mail: gorin57@mail.ru

УДК 621–822

Л.А. САВИН, А.И. МИНАЕВСКИЙ, А.В. СЫТИН, А.В. ШЕВЕЛЕВ

НАПРЯЖЕННО–ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКОВ

Аннотация. Проведен анализ применения и принципов расчета лепестковых газодинамических подшипников. Рассмотрены расчетные схемы многолепестковых и однолепестковых подпружиненных опор. Разработаны математические модели для расчета напряженно–деформированного состояния упругих элементов подшипников с использованием базовых вариантов на основе балок и оболочек. Представлена итерационная схема расчета напряжений и деформаций в упругих элементах подшипников с учетом полей давлений в смазочном слое. Разработано для определения полей давлений и полей деформаций. Проведено моделирование напряженно–деформированного состояния лепестков в программном комплексе ANSYS.

Ключевые слова: лепестковый газодинамический подшипник, роторная система, расчетная схема, поля давлений, математическая модель, деформации, напряженно–деформированное состояние.

Работа выполнена в рамках выполнения проекта РНФ №16–19–00186 «Планирование оптимальных по расходу энергии траекторий движения роторов мехатронных модулей в средах сложной реологии» (разработка математической модели и проведение вычислительного эксперимента) и Министерства науки и высшего образования проект №9.2952.2017/ПЧ «Создание многофункционального лабораторно–методологического комплекса общепрофессиональной подготовки» (изготовление экспериментального стенда и проведение экспериментальных исследований).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пешти, Ю.В. Теоретические основы расчета газодинамических лепестковых подшипников. В кн.: Криогенная техника и кондиционирование / Ю.В. Пешти // М.: Труды МВТУ. – №381. – с.с. 140–154.
2. Роде Оу. Теоретический анализ деформируемого газодинамического подшипника / Оу, Роде // ТАОИМ. Проблемы трения и смазки. – 1977. – №1. – с.с. 79–86.
3. Ермилов, Ю.И. Теоретическое и экспериментальное определение предельной несущей способности осевых лепестковых газодинамических подшипников: дис. канд. техн. наук. / Ю.И. Ермилов // М.: Издательство МАИ. – 2005, – 157 с.
4. Брагин, А.Н. Лепестковые газовые подшипники турбомашин: Тематический обзор / А.Н. Брагин, В.М. Требухин, А.Р. Агафонов // под. ред. Г.И. Воронина. – п.я. А–1665. – 1984. – 160 с.
5. Савин, Л.А. Математическая модель и алгоритм расчета лепесткового газодинамического подшипника / Л.А. Савин, А.В. Сытин, Д.И. Федоров // Известия ОрелГТУ. Серия: Информационные системы и технологии. – 2007. – № 4–2/268(535). – С. 243–250.
6. Доннелл, Л.Г. Балки, пластины и оболочки: Пер. с англ./Под. Ред. Э.И. Григолюка. – М.: Наука. Главная редакция физико–математической литературы, 1982. – 568 с.
7. Сытин, А.В. Решение комплексной задачи расчета характеристик радиальных лепестковых газодинамических подшипников: дис. канд. техн. наук. / А.В. Сытин // Орел: Издательство ОрелГТУ. – 2008. – 201 с.
8. Кантор, Б.Я. Контактные задачи нелинейной теории оболочек вращения / Б.Я. Кантор. – Киев: Наукова думка, 1990. – 136 с.
9. Колкунов, Н.В. Основы расчета упругих оболочек / Н.В. Колкунов. – М.: Высшая школа, 1963. – 279 с.
10. Пелех, Б.Л. Контактные задачи упругих анизотропных оболочек / Б.Л. Пелех, М.А. Сухорольский. – Київ: Наукова думка, 1980. – 217 с.
11. Савин, Л.А. Теоретические основы расчета и динамика подшипников скольжения с парожидкостной смазкой: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Орел, 1998. – 352 с.
12. Смирнов, В.В. Расчет и анализ нагруженных характеристик лепесткового газодинамического подшипника / В.В. Смирнов. Дис. к.т.н., Челябинск, 1987. – 1 с.

Савин Леонид Алексеевич

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
Доктор технических наук, профессор кафедры
мехатроники, механики и робототехники

Минаевский Александр Иванович

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
Аспирант кафедры мехатроники, механики и
робототехники

302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
Тел. +79107483766
E-mail: savin@ostu.ru

Сытин Антон Валерьевич

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл
Кандидат технических наук, доцент кафедры
мехатроники, механики и робототехники
302020, г. Орёл, ул. Приборостроительная, д.10,
кв. 29
Тел. +79192046050
E-mail: sytin@mail.ru

302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
Тел. +79208119738
E-mail: all1e1k1c@mail.ru

Шевелев Алексей Валерьевич

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл
Аспирант кафедры мехатроники, механики и
робототехники
302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
Тел. +79536145434
E-mail: shevelev.91@bkl.ru

L.A. SAVIN, A.I. MINAEVSKY, A.V. SYTIN, A.V. SHEVELEV

**STRESS–STRAIN STATE OF ELASTIC ELEMENTS
OF GAS DYNAMIC BEARINGS**

***Abstract.** The analysis of the application and principles of calculation of foil gas–dynamic bearings. The design schemes of multi–foil and single–foil spring–loaded supports are considered. Mathematical models for calculating the stress–strain state of the elastic elements of bearings using basic variants based on shells have been developed. An iterative scheme for calculating the stresses and strains in the elastic elements of bearings with regard to the pressure fields in the lubricant layer is presented. Designed to determine pressure fields and strain fields. The simulation of the stress–strain state of the foil in the software package ANSYS.*

***Keywords:** foil gas–dynamic bearing, rotor system, design scheme, pressure fields, mathematical model, deformations, stress–strain state.*

BIBLIOGRAPHY

1. Peshti, YU.V. Teoreticheskiye osnovy rascheta gazodinamicheskikh lepestkovykh podshipnikov. V kn.: Kriogennaya tekhnika i konditsionirovaniye / YU.V. Peshti // M.: Trudy MVTU. – №381. – s.s. 140–154.
2. Rode Oy. Teoreticheskiy analiz deformiruyemogo gazodinamicheskogo podshipnika / Oy, Rode // TAOIM. Problemy treniya i smazki. – 1977. – №1. – s.s. 79–86.
3. Yermilov, YU.I. Teoreticheskoye i eksperimentalnoye opredeleniye predelnoy nesushchey sposobnosti osevykh lepestkovykh gazodinamicheskikh podshipnikov: dis. kand. tekhn. nauk. / YU.I. Yermilov // M.: Izdatelstvo MAI. –2005.– 157 s.
4. Bragin, A.N. Lepestkovyye gazovyye podshipniki turbomashin: Tematicheskii obzor / A.N. Bragin, V.M. Trebukhin, A.R. Agafonov // pod. red. G.I. Voronina. – p.ya. A–1665. – 1984. –160 s.
5. Savin, L.A. Matematicheskaya model i algoritm rascheta lepestkovogo gazodinamicheskogo podshipnika / L.A. Savin, A.B. Sytin, D.I. Fedorov // Izvestiya OrelGTU. Seriya: Informatsionnyye sistemy i tekhnologii. – 2007. – № 4–2/268(535). – S. 243–250.
6. Donnell, L.G. Balki, plastiny i obolochki: Per. s angl./Pod. Red. E.I. Grigolyuka. – M.: Nauka. Glavnaya redaktsiya fiziko–matematicheskoy literatury, 1982. – 568 s.
7. Sytin, A.B. Resheniye kompleksnoy zadachi rascheta kharakteristik radialnykh lepestkovykh gazodinamicheskikh podshipnikov: dis. kand. tekhn. nauk. / A.B. Sytin // Orel: Izdatelstvo OrelGTU. – 2008. – 201 s.
8. Kantor, B.YA. Kontaktnyye zadachi nelineynoy teorii obolochek vrashcheniya / B.YA. Kantor. – Kiyev: Naukova dumka, 1990.– 136 s.
9. Kolkunov, N.V. Osnovy rascheta uprugikh obolochek / N.V. Kolkunov. – M.: Vysshaya shkola, 1963. – 279 s.
10. Pelekh, B.L. Kontaktnyye zadachi uprugikh anizotropnykh obolochek / B.L. Pelekh, M.A. Sukhorolskiy. – Kiïv: Naukova dumka, 1980. – 217 s.
11. Savin, L.A. Teoreticheskiye osnovy rascheta i dinamika podshipnikov skolzheniya s parozhidkostnoy smazkoy: Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk. – Orel, 1998. – 352 s.
12. Smirnov, V.V. Raschet i analiz nagruzochnykh kharakteristik lepestkovogo gazodinamicheskogo podshipnika / V.V. Smirnov. Dis. k.t.n., Chelyabinsk, 1987. – 1 s.

Savin Leonid Alekseevich

ФГБОУ ВО «ОГУ named after I.S. Turgenev», Orel
Doctor of technical Sciences, Professor of mechatronics,
mechanics and robotics
302020, Orel, Naugorskoe st., 29
Tel.: +79107483766

Minaevskiy Aleksandr Ivanovich

ФГБОУ ВО «ОГУ named after I.S. Turgenev», Orel
PhD student of mechatronics, mechanics and robotics
302020, Orel, Friendship st., 5
Tel.: +79208119738
E-mail: all1e1k1c@mail.ru

E-mail: savin@ostu.ru

Sytin Anton Valerievich

FGBOU VO «OGU named after I.S. Turgenev», Orel
Candidate of technical Sciences, associate Professor of
mechatronics, mechanics and robotics
302020, Orel, Priborostroitel'naya st., 10–29
Tel.: +79192046050
E-mail: sytin@mail.ru

Shevelev Aleksey Valerievich

FGBOU VO «OGU named after I.S. Turgenev», Orel
PhD student of mechatronics, mechanics and robotics
302020, Orel, Naugorskoe st., 29
Tel.: +79536145434
E-mail: shevelev.91@bkl.ru

УДК 621.822, 681.587.72, 62–251

А.В. СЫТИН, А.В. КУЗАВКА, А.И. МИНАЕВСКИЙ, А.В. ШЕВЕЛЕВ

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ УПОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ
СКОЛЬЖЕНИЯ С БИМОРФНЫМИ УПРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ**

***Аннотация.** В статье рассматриваются адаптивные опоры роторов высокоскоростных турбомашин. В качестве опор выбраны мехатронные газодинамические подшипники с упруго-податливой опорной поверхностью. Авторы предлагают в качестве упругих элементов – многослойные лепестки с применением биморфных пьезоэлектрических элементов, работающих в режиме генератора для определения деформаций упругих элементов, а также в режиме актуатора для формирования оптимальной опорной поверхности. Представлены основные способы, особенности и основные характеристики подключения биморфов к источнику питания. Предложена концепция многослойных упругих элементов, технологический процесс их изготовления и результаты практической реализации в виде мехатронного многолепесткового газодинамического подшипника с биморфными пьезоэлектрическими лепестками. Представлена математическая модель данного вида опор на основании уравнения Рейнольдса для слоя газовой смазки, а также уравнение пьезоэлектрического эффекта.*

***Ключевые слова:** биморфный элемент, лепестковый газодинамический подшипник, активное управление, мехатроника, пьезоэлемент*

Работа выполнена в рамках проекта № 9.2952.2017/4.6 государственного задания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хайманн, Б. Мехатроника: Компоненты, методы, примеры: Учеб. Пособие / Б. Хайманн, В. Герт, К. Попп, О. Репецкий. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – 602 с.
2. Паничев, А.Е. Пьезокерамические актуаторы: Учеб. Пособие / А.Е. Паничев. – Ростов – на – Дону, 2008. – 159 с.
3. Нуриев, М.А. Об особенностях пьезоэлектричества в полимерных композициях с неоднородной поляризацией / М.А. Нуриев, А.М. Магеррамов, М.А. Курбанов, Р.С. Исмаилова, Х.А. Садыхов // ЭОМ. – 2004. – №2. – С. 55–58.
4. G.K.S Prakash Raju, P Ashok Kumar, K Srinivasa Rao, Vanaja Aravapalli. Design and Simulation of Cantilever Based MEMS Bimorph Piezoelectric Energy Harvester. Mechanics, Materials Science & Engineering Journal, Magnolithe, 2017, 9 (1).
5. Софронов, А. Биморфные пьезоэлектрические элементы: актуаторы и датчики / А. Софронов, В. Никифоров, В. Климашин // Компоненты и Технологии. – 2003. – №30. – С. 46–48.
6. Rakotondrabe, Micky Principle, characterization and control of a new hybrid thermo-piezoelectric microactuator./ Micky Rakotondrabe, Ioan Ivan. IEEE. IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA10., May 2010, Anchorage – Alaska, United States. sur CD ROM, 2010. – pp. 1580–1585.
7. Патент JPH № 0454309. GASBEARING / Tsumaki Nobuo. Оpubл. 21.02.1992.
8. Sharapov, V. Piezoceramic sensors / V. Sharapov. – Springer Verlag, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, (2011) 498 p.
9. Пешти, Ю.В. Газовая смазка / Ю.В. Пешти // М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1993.– 382 с.
10. Хешмет, Х. Анализ газового ленточного радиального подшипника / Х. Хешмет, Дж. Уоловит А., Пинкус // Проблемы трения и смазки. –1983. –Т.105. –№4. – С. 124–132.

11. Тимошенко, С.П. Пластины и оболочки / С.П. Тимошенко, С. Войновский–Кригер. – М.: Наука, 1966. – 636 с.
12. Колкунов, Н.В. Основы расчета упругих оболочек. Изд. 2-е переработ. и доп. Учеб. Пособие для вузов / Н.В. Колкунов. М., «Высш. школа», 1972 – 296 с.
13. Бобцов, А.А. Исполнительные устройства и системы для микроперемещений / А.А. Бобцов, В.И. Бойков, С.В. Быстров, В.В. Григорьев.– СПб ГУ ИТМО, 2011. – 131 с.
14. Некрасов, М.М. Элементы пьезоэлектроники и возможности их применения в электротехнике / М.М. Некрасов, В.В. Лавриненко, А.А. Божко и др. // Электричество. – 1971. – Т 12. – С. 51–59.
15. Лавриненко, В.В. Пьезоэлектрические двигатели / В.В. Лавриненко, И.А. Каргашев. – М.: Машиностроение, 1972. – 136 с.
16. Джагунов, Р.Г. Пьезоэлектрические элементы в приборостроении и автоматике / Р.Г. Джагунов, А.А. Ерофеев. – Л.: Машиностроение, 1986. – 256 с.

Сытин Антон Валерьевич

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Мехатроника, механика и робототехника»
302040, г. Орел, ул. Приборостроительная, д. 10,
кв. 29
Тел.: 89192046050
E-mail: sytin@mail.ru

Шевелев Алексей Валерьевич

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
Аспирант кафедры «Мехатроника, механика и
робототехника»
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
Тел.: 89536145434
E-mail: shevelev.91@bkl.ru

Кузавка Александр Валерьевич

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
Аспирант «Мехатроника, механика и
робототехника»
302006, г. Орел, ул. Новосильская, д. 153, кв. 2
Тел.: 89192666806
E-mail: kuzavka.net@mail.ru

Минаевский Александр Иванович

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
Аспирант «Мехатроника, механика и робототехника»
302020, г. Орел, ул. Дружбы, д. 5
Тел.: 89208119738.
E-mail: all1e1k1c@mail.ru

A.V. SYTIN, A.V. KUZAVKA, A.I. MINAEVSKIY, A.V. SHEVELEV

DESIGNING MECHATRONIC RESISTANT SLIDING BEARINGS WITH ELASTIC BIMORPH ELEMENTS

Abstract. *The present paper considers adaptive rotor bearings of high-speed turbomachines. The mechatronic gas dynamic bearings are chosen with elastic surface. Authors suggest using multilayer foils with bimorph piezoelectric elements that operate in the generator regime to determine the deformation of elastic elements and in the actuator regime to form an optimal bearings surface. The paper shows basic methods, main features and characteristics of bimorph connection to the power supply. A concept of multilayer elastic elements, technological process of their manufacturing and results of their application to a mechatronic foil gas dynamic bearing are presented. A mathematical model of the bearings in question is shown based on the Reynolds equation for the gas film, equations of theory of elasticity and additional expressions for consideration of the piezoelectric effect. The surface area of every elastic element is described using the momentum theory of thin-walled nonclosed cylindrical shells and the effect of bimorph piezoelements is taken into account by means of setting the boundary conditions along the free generatrix of each element.*

Keywords: *bimorph element, foil gas dynamic bearing, active control, mechatronics, piezoelemen.*

BIBLIOGRAPHY

1. Khaymann, B. Mekhatronika: Komponenty, metody, primery: Ucheb. Posobiye / B. Khaymann, V. Gert, K. Popp, O. Repetskiy. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2010. – 602 s.
2. Panichev, A.Ye. Pyezokeramicheskiye aktyuatory: Ucheb. Posobiye / A.Ye. Panichev. – Rostov – na – Donu, 2008. – 159 s.
3. Nuriyev, M.A. Ob osobennostyakh pyezoelektrichestva v polimernykh kompozitsiyakh s neodnorodnoy polyarizatsiyey / M.A. Nuriyev, A.M. Magerramov, M.A. Kurbanov, R.S. Ismailova, KH.A. Sadykhov // EOM. – 2004. – №2. – S. 55–58.

4. G.K.S Prakash Raju, P Ashok Kumar, K Srinivasa Rao, Vanaja Aravapalli. Design and Simulation of Cantilever Based MEMS Bimorph Piezoelectric Energy Harvester. Mechanics, Materials Science & Engineering Journal, Magnolithe, 2017, 9 (1).
5. Sofronov, A. Bimorfnyye pyezoelektricheskiye elementy: aktyuatory i datchiki / A. Sofronov, V. Nikiforov, V. Klimashin // Komponenty i Tekhnologii. – 2003. – №30. – S. 46–48.
6. Rakotondrabe, Micky Principle, characterization and control of a new hybrid thermo–piezoelectric microactuator./ Micky Rakotondrabe, Ioan Ivan. IEEE. IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA10., May 2010, Anchorage – Alaska, United States. sur CD ROM, 2010. – pp. 1580–1585.
7. Patent JPH № 0454309. GASBEARING / Tsumaki Nobuo. Opubl. 21.02.1992.
8. Sharapov, V. Piezoceramic sensors / V. Sharapov. – Springer Verlag, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, (2011) 498 p.
9. Peshti, YU.V. Gazovaya smazka / YU.V. Peshti // M.: MGTU im. N.E. Baumana, 1993.– 382 s.
10. Khesmet, KH. Analiz gazovogo lentochnogo radialnogo podshipnika / KH. Khesmet, Dzh. Uolovit A., Pinkus // Problemy treniya i smazki. –1983. –Т.105. –№4. – S. 124–132.
11. Timoshenko, S.P. Plastiny i obolochki / S.P. Timoshenko, S. Voynovskiy–Kriger. – M.: Nauka, 1966. – 636 s.
12. Kolkunov, N.V. Osnovy rascheta uprugikh obolochek. Izd. 2–ye pererabot. i dop. Ucheb. Posobiye dlya vuzov / N.V. Kolkunov. M., «Vyssh. shkola», 1972 – 296 s.
13. Bobtsov, A.A. Ispolnitelnyye ustroystva i sistemy dlya mikroperemeshcheniy / A.A. Bobtsov, V.I. Boykov, S.V. Bystrov, V.V. Grigoryev.– SPB GU ITMO, 2011. – 131 s.
14. Nekrasov, M.M. Elementy pyezoelektroniki i vozmozhnosti ikh primeneniya v elektrotekhnike / M.M. Nekrasov, V.V. Lavrinenko, A.A. Bozhko i dr. // Elektrichestvo. – 1971. – T 12. – S. 51–59.
15. Lavrinenko, V.V. Pyezoelektricheskiye dvigateli / V.V. Lavrinenko, I.A. Kartashev. – M.: Mashinostroyeniye, 1972. – 136 s.
16. Dzhagupov, R.G. Pyezoelektricheskiye elementy v priborostroyenii i avtomatike / R.G. Dzhagupov, A.A. Yerofeyev. – L.: Mashinostroyeniye, 1986. – 256 s.

Sytin Anton Valerievich

FGBOU VO «OGU named after I.S.Turgenev», Orel
Candidate of technical Sciences, associate Professor of
«Mechatronics, mechanics and robotics»
302040, Orel, Priborostroitel'naya st., 10–29
Tel.: 89192046050
E–mail: sytin@mail.ru

Shevelev Aleksey Valerievich

FGBOU VO «OGU named after I.S.Turgenev», Orel
PhD student of «Mechatronics, mechanics and robotics»
302020, Orel, Naugorskoe st., 29
Tel.: 89536145434
E–mail: shevelev.91@bkl.ru

Kuzavka Aleksandr Valerievich

FGBOU VO «OGU named after I.S.Turgenev», Orel
PhD student of «Mechatronics, mechanics and
robotics»
302006, Orel, Novosil'skaya st., 153–2
Tel.: 89192666806
E–mail: kuzavka.net@mail.ru

Minaevskiy Aleksandr Ivanovich

FGBOU VO «OGU named after I.S.Turgenev», Orel
PhD student of «Mechatronics, mechanics and robotics»
302020, Orel, Friendship st., 5
Tel.: 89208119738.
E–mail: a111e1k1c@mail.ru

УДК 62–52

И.Г. УСИКОВА, С.Г. ПОПОВ, Н.В. ТОКМАКОВ

МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ В «УМНОМ» ДОМЕ

Аннотация. В статье представлены мехатронные системы освещения. Дан анализ применения мехатронных технологий в системе освещения. Рассмотрено применение мехатронного модуля MegaD–328 при различных типах подключения. Показан алгоритм работы системы управления освещением с применением сервера и мехатронного модуля MegaD–328. Даны рекомендации по применению мехатронных систем освещения.

Ключевые слова: система освещения, система «умный дом», контроллер, мехатронный модуль, механизм.

Работа выполнена в рамках проекта № 9.2952.2017/4.6 государственного задания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная служба государственной статистики (Росстат) [Электронный ресурс] // Социально-экономическое положение России: [электронный документ]. [2017]. URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/social/osn-12-2017.pdf (дата обращения: 21.02.2019).
2. Федеральная служба государственной статистики (Росстат) [Электронный ресурс] // Социально-экономическое положение России: [электронный документ]. [2018]. URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2016/social/osn-12-2018.pdf (дата обращения: 21.02.2019).
3. Усикова, И.Г. Мехатронные технологии в системе «Умный дом» / И.Г. Усикова // Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции «Проектирование машин, роботов и мехатронных систем» – Орел: ОГУ имени И.С.Тургенева, 2017. – 31–32 с.
4. Экономия электроэнергии: датчики движения для включения света [Электронный ресурс] URL: <https://aquatic-home.ru/datchiki-dvizheniya-dlya-vklyucheniya-sveta.html> (дата обращения: 22.02.2019).
5. Усикова, И.Г. Подходы повышения энергоэффективности в системе «Умный дом» / И.Г. Усикова, С.Г. Попов, Н.В. Токмаков, А.В. Горин // Сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции «Энерго- и ресурсосбережение–XXI век» (МИК–2018) – Орел: ОГУ имени И.С.Тургенева, 2018.
6. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys 2.3. / ПК Пролог. – Смоленск, 2016.
7. Усикова, И.Г. Единая мехатронная система безопасности на базе конструкции «Умный дом» // сборник трудов Региональной научно-технической конференции молодых ученых «Мехатроника и робототехника» («МиР–2017»), Всероссийского молодежного научного семинара «Робототехника и мехатроника» и Регионального молодежного научного семинара «Моделирование гидромеханических систем» / Под редакцией д-ра техн. наук, проф. Л.А. Савина. – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2017. – 337–340 с.
8. Алексеев, Г.П. Электромонтаж и наладка системы «Умный дом». Руководство по выполнению базовых экспериментов / Г.П. Алексеев. ЭМНСУД.001 РБЭ (997)– Челябинск: ИПЦ «Учебная техника», 2012. – 223с.
9. Горин, А.В. Проверка изделий, заполненных предельными углеводородами, на герметичность: монография / А.В. Горин, Е.Н. Грядунова, М.А. Горина – Орел: ООО ПФ «Картуш», 2016. – 98 с.
10. Гершкович, В.Ф. Энергосберегающие системы жилых зданий: пособие по проектированию / В.Ф. Гершкович // С.О.К., 2008. № 8.
11. Нимич, Г.В. Общие положения автоматического управления системами кондиционирования и вентиляции / Г.В. Нимич // С.О.К. – 2005. – № 7.

Усикова Ирина Геннадьевна
 ФГБОУ ВО «Орловский
 государственный университет
 имени И.С. Тургенева»
 Аспирант кафедры мехатроники,
 механики и робототехники
 302020, г.Орёл, Наугорское
 шоссе, 29
 Тел. +79103014198
 E-mail: irkin93@mail.ru

Попов Сергей Георгиевич
 ФГБОУ ВО «Орловский
 государственный университет имени
 И.С. Тургенева»
 Аспирант кафедры мехатроники,
 механики и робототехники
 302020, г.Орёл, Наугорское шоссе,
 29
 Тел. +79065686501
 E-mail: hvunt32@gmail.ru

Токмаков Никита Владимирович
 ФГБОУ ВО «Орловский
 государственный университет
 имени И.С. Тургенева»
 Студент
 302020, г.Орёл, Наугорское шоссе,
 29
 Тел. +79208182314
 E-mail: gorin57@mail.ru

I.G. USIKOVA, S.G. POPOV, N.V. TOKMAKOV

MECHATRONICS SYSTEM OF CONTROL AND LIGHTING IN THE «SMART HOUSE»

Abstract. *The article presents the mechatronics system of lighting. The analysis of using the mechatronics technology in the lighting system is given. The application of mechatronics module MegaD–328 for different types of connection is considered. The algorithm of the lighting system with using the server and mechatronic module MegaD–328 is shown. Recommendations of using the mechatronics lighting systems are given.*

Keywords: *lighting system, "smart house", controller, mechatronic module, mechanism.*

BIBLIOGRAPHY

1. Federalnaya sluzhba gosudarstvennoy statistiki (Rosstat) [Elektronnyy resurs] // Sotsialno-ekonomicheskoye polozheniye Rossii: [elektronnyy dokument]. [2017]. URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/social/osn-12-2017.pdf (data obrashcheniya: 21.02.2019).
2. Federalnaya sluzhba gosudarstvennoy statistiki (Rosstat) [Elektronnyy resurs] // Sotsialno-ekonomicheskoye polozheniye Rossii: [elektronnyy dokument]. [2018]. URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2016/social/osn-12-2018.pdf (data obrashcheniya: 21.02.2019).
3. Usikova, I.G. Mekhatronnyye tekhnologii v sisteme «Umnyy dom» / I.G. Usikova // Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii «Proyektirovaniye mashin, robotov i mekhatronnykh sistem» – Orel: OGU imeni I.S.Turgeneva, 2017. – 31–32 s.
4. Ekonomiya elektroenergii: datchiki dvizheniya dlya vklyucheniya sveta [Elektronnyy resurs] URL: <https://aquatic-home.ru/datchiki-dvizheniya-dlya-vklyucheniya-sveta.html> (data obrashcheniya: 22.02.2019).
5. Usikova, I.G. Podkhody povysheniya energoeffektivnosti v sisteme «Umnyy dom» / I.G. Usikova, S.G. Popov, N.V. Tokmakov, A.V. Gorin // Sbornik materialov XVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Energо– i resursosberezheniye–XXI vek» (MIK–2018) – Orel: OGU imeni I.S.Turgeneva, 2018.
6. Rukovodstvo polzovatelya po programmirovaniyu PLK v CoDeSys 2.3. / PK Prolog. – Smolensk, 2016.
7. Usikova, I.G. Yedinaya mekhatronnaya sistema bezopasnosti na baze konstruktсии «Umnyy dom» // sbornik trudov Regionalnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii molodykh uchenykh «Mekhatronika i robototekhnika» («MiR–2017»), Vserossiyskogo molodezhnogo nauchnogo seminarа «Robototekhnika i mekhatronika» i Regionalnogo molodezhnogo nauchnogo seminarа «Modelirovaniye gidromekhanicheskikh sistem» / Pod redaktsiyey d–ra tekhn. nauk, prof. L.A. Savina. – Orel: OGU im. I.S. Turgeneva, 2017. – 337–340 s.
8. Alekseyev, G.P. Elektromontazh i naladka sistemy «Umnyy dom». Rukovodstvo po vypolneniyu bazovykh eksperimentov / G.P. Alekseyev. EMNSUD.001 RBE (997)– Chelyabinsk: IPTS «Uchebnaya tekhnika», 2012. – 223s.
9. Gorin, A.V. Proverka izdeliy, zapolnennykh predelnymi uglevodorodami, na germetichnost: monografiya / A.V. Gorin, Ye.N. Gryadunova, M.A. Gorina – Orel: OOO PF «Kartush», 2016. – 98 s.
10. Gershkovich, V.F. Energосберегающчиye sistemy zhilykh zdaniy: posobiye po proyektirovaniyu / V.F. Gershkovich // S.O.K., 2008. № 8.
11. Nimich, G.V. Obschiye polozheniya avtomaticheskogo upravleniya sistemami konditsionirovaniya i ventilyatsii / G.V. Nimich // S.O.K. – 2005. – № 7.

Usikova Irina Genadievna
Orel State University named after I.S. Turgenev
Postgraduate at the Department of mechatronics, mechanics and robotics
302020, Orel, Naugorskoye Shosse, 29
Ph.: +79103014198
E-mail: irkin93@mail.ru

Popov Sergei Georgievich
Orel State University named after I.S. Turgenev
Postgraduate at the Department of mechatronics, mechanics and robotics
302020, Orel, Naugorskoye Shosse, 29
Ph.: +79065686501
E-mail: hvunt32@gmail.ru

Tokmakov Nikita Vladimirovich
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel
Student
302020, Orel, Naugorskoye shosse, 29
Ph.:89208182314
E-mail: gorin57@mail.ru

УДК 621.311.24

Р.Н. ПОЛЯКОВ, П.И. РЫЖЕНКО

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. В статье рассматриваются базовые принципы функционирования мобильного ветрогенератора–трансформера, который позволяет повысить эффективность и целесообразность эксплуатации в условиях низких температур экстремального климата. Механизм работы комбинированного винта–трансформера предполагает работу в двух развернутых режимах, выбираемых при разных скоростях ветра для большей энергоэффективности; при слабом ветре – вертикально–осевой режим, при сильном ветре – пропеллерный режим; а также, складной внерабочий режим, позволяющий легко транспортировать и монтировать ветрогенератор в новых требуемых локациях. Описывается и обосновывается возможность использования мобильного ветрогенератора–трансформера, имеющего количественные, качественные и стоимостные преимущества перед существующими непрямыми аналогами, применяемыми в регионах Арктики и Крайнего Севера.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, развитие Арктики, портативный генератор, комбинированный винт, ветрогенератор–трансформер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моргунова, М.О. Энергоснабжение Российской Арктики: Углеводороды или ВИЭ? / М.О. Моргунова, Д.А. Соловьёв. – Москва: ООО “Системный консалтинг”, 2016. – 14 с.
2. Поляков, Р.Н. Энергоэффективный ветрогенератор с адаптивно изменяющимся моментом инерции / Р.Н. Поляков, П.И. Рыженко // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2018. – №5. – 74 с.
3. Рогозин, Д.О. Арктика – регион сотрудничества и развития / Д.О. Рогозин // Транспортная стратегия – XXI век. – 2016. – № 33. – С. 66.
4. Коваль, В.П. Сохранение культурной и природной среды Арктики. / В.П. Коваль, Д.Н. Лыжин // Международное экологическое сотрудничество в Арктике. – Арктика и Север. – 2016. – № 22. – С. 158
5. Мир ветра: Ветрогенераторы – разработка, производство, монтаж, сервис. Ветрогенераторы. – URL: <http://mirvetra.kz>. Дата обращения: 17.10.2018.
6. Центр энергосбережения и инноваций "Solar-time": Ветрогенераторы вертикально-осевые. [Электронный ресурс] URL: https://solar-time.com.ua/index/vertikalno_osevye/0-133. Дата обращения: 17.10.2018.
7. Компания 220 Вольт: WESTER: Генераторы и электростанции WESTER: Дизельные генераторы WESTER. [Электронный ресурс] URL: <https://www.220-volt.ru/catalog-329504>. Дата обращения: 17.10.2018.
8. Лонмади – дизельные генераторы: В условиях крайне холодного климата. [Электронный ресурс] URL: <http://www.jcbgenerators.ru/catalog/application/cold/>. Дата обращения: 17.10.2018.

Поляков Роман Николаевич

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
Доктор технических наук, доцент кафедры
«Мехатроника, механика и робототехника»
Тел.: 89038819381
E-mail: romanpolak@mail.ru

Рыженко Павел Игоревич

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
Аспирант
Тел.: 89536173365
E-mail: wesstnik@yandex.ru

R.N. POLYAKOV, P.I. RYZHENKO

**NEW APPROACHES TO THE DESIGN OF WIND TURBINES
FOR OPERATION IN EXTREME CONDITIONS**

Abstract. *The article discusses the basic principles of the operation of a mobile wind turbine-transformer, which allows to increase the efficiency and feasibility of operation in conditions of low temperatures, extreme climates. The mechanism of operation of the combined rotor-transformer assumes work in two deployed modes, selected at different wind speeds for greater energy efficiency; with weak wind – vertical-axial mode, with strong wind – propeller mode; as well as a folding non-working mode, which makes it easy to transport and install a wind turbine in the new locations required. The possibility of using a mobile wind turbine-transformer, which has quantitative, qualitative and cost advantages over the existing indirect analogues used in the regions of the Arctic and the Far North, is described and justified.*

Keywords: *renewable energy, the development of the Arctic, a portable generator, a combined wind rotor, a wind turbine-transformer.*

BIBLIOGRAPHY

1. Morgunova, M.O. Energosnabzheniye Rossiyskoy Arktiki: Uglevodorody ili VIE? / M.O. Morgunova, D.A. Solovyov. – Moskva: ООО “Sistemnyy konsalting”, 2016. – 14 s.
2. Polyakov, R.N. Energoeffektivnyy vetrogenerator s adaptivno izmenyayushchimsya momentom inertsiy / R.N. Polyakov, P.I. Ryzhenko // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2018. – №5. – 74 s.
3. Rogozin, D.O. Arktika – region sotrudnichestva i razvitiya / D.O. Rogozin // Transportnaya strategiya – XXI vek. – 2016. – № 33. – С. 66.
4. Koval, V.P. Sokhraneniye kulturnoy i prirodnoy sredy Arktiki. / V.P. Koval, D.N. Lyzhin // Mezhdunarodnoye ekologicheskoye sotrudnichestvo v Arktike. – Arktika i Sever. – 2016. – № 22. – S. 158
5. Mir vetra: Vetrogeneratory – razrabotka, proizvodstvo, montazh, servis. Vetrogeneratory. – URL: <http://mirvetra.kz>. Data obrashcheniya: 17.10.2018.
6. Tsentр energosberezheniya i innovatsiy "Solar-time": Vetrogeneratory vertikalno-osevyye. [Elektronnyy resurs] URL: https://solar-time.com.ua/index/vertikalno_osevye/0-133. Data obrashcheniya: 17.10.2018.
7. Kompaniya 220 Volt: WESTER: Generatorы i elektrostantsii WESTER: Dizelnyye generatorы WESTER. [Elektronnyy resurs] URL: <https://www.220-volt.ru/catalog-329504>. Data obrashcheniya: 17.10.2018.
8. Lonmadi – dizelnyye generatorы: V usloviyakh krayne kholodnogo klimata. [Elektronnyy resurs] URL: <http://www.jcbgenerators.ru/catalog/application/cold/>. Data obrashcheniya: 17.10.2018.

Polyakov Roman Nikolaevich

ФГБОУ ВО «ОГУ named after I.S.Turgenev», Orel
Doctor of technical Sciences, associate Professor of
«Mechatronics, mechanics and robotics»

Ryzhenko Pavel Igorevich

ФГБОУ ВО «ОГУ named after I.S.Turgenev», Orel
PhD student
302028, Orel, Bulvar Pobedy st., 5-37

УДК 621.822

А.Ю. КОРНЕЕВ, Л.А. САВИН, Е.В. МИЩЕНКО

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ РОТОРОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКОВ ЖИДКОСТНОГО ТРЕНИЯ

Аннотация. Сформулирована и предложена инженерная методика расчета радиального зазора в смазочном слое конического подшипника с учетом температурных деформаций в опорных, уплотнительных устройствах. Обоснованы диапазоны изменения геометрических параметров, обеспечивающих требуемые показатели работоспособности подшипников.

Ключевые слова: конические подшипники жидкостного трения, грузоподъемность (несущая способность), поля давлений, реакции смазочного слоя, эксцентриситет, температурные деформации, радиальный и осевой зазор.

Работа выполнена в рамках проекта ГЗ №9.2952.2017/ПЧ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савин, Л.А. Моделирование роторных систем с опорами жидкостного трения: монография / Л.А. Савин, О.В. Соломин. – М.: Машиностроение–1, 2006. – 444 с.
2. Корнеев, А. Ю. Конические подшипники жидкостного трения: монография / А. Ю. Корнеев, Л. А. Савин, О. В. Соломин; под общ. ред. Л. А. Савина. – М.: Машиностроение–1, 2008. – 172с.
3. Корнеев, А.Ю. Тенденции применения конических подшипников скольжения / А.Ю.Корнеев, Л.А.Савин, М.М.Ярославцев // Межвузовский сборник научных трудов «Физика, химия и механика трибосистем». Иваново: Ивановский государственный университет, 2008. – Вып.7. – С. 98 – 105.
4. Корнеев, А.Ю. Динамические и интегральные характеристики конических подшипников скольжения: Дисс. канд. техн. наук. – Орел, 2004. – 207 с.
5. Корнеев, А.Ю. Расчет статических характеристик конических многоклиновых гидродинамических опор жидкостного трения / А.Ю. Корнеев, Л.А. Савин, М.М. Ярославцев // Вестник машиностроения. – 2010. – № 3. – С. 25 – 29.
6. Korneev, A.Yu. Static characteristics of conical multiple-wedge hydrodynamic liquid-friction bearings / A.Yu. Korneev, L.A. Savin, M.M. Yaroslavtsev // Russian Engineering Research, 2010, Vol. 30, No. 3, pp. 219–223. © Allerton Press, Inc., 2010.
7. Корнеев, А.Ю. Расчет статических характеристик конических опор жидкостного трения / А.Ю. Корнеев, Л.А. Савин, О.В. Соломин // Вестник машиностроения. – 2006. – № 12. – С. 37 – 41.
8. Корнеев, А.Ю. Математическая модель неизотермического турбулентного течения смазочного материала в конических опорах жидкостного трения / А.Ю. Корнеев, Л.А. Савин, О.В. Соломин // Вестник машиностроения, №7, 2005. – С. 37 – 42.
9. Корнеев, А.Ю. Определение функции полного зазора в конических подшипниках скольжения различной геометрической формы / А.Ю. Корнеев, М.М. Ярославцев // Материалы научно-практической конференции «Образование, наука, производство и управление». Старый Оскол, 2008. – Т.5. – С. 76 – 81.
10. Sheng-Bo Li, Korneev A.Yu., Hong-Yuan Jang. The determination of the complete gap function in different types of conical bearings // Proceedings of the Ninth International Conference on Machine Learning and Cybernetics. Qingdao, 2010.–Vol.3. –pp.1249 – 1251.
11. Гаевик, Д.Т. Подшипниковые опоры современных машин / Д.Т. Гаевик. – М.: Машиностроение, 1985. – 248 с.
12. Енохович, А.С. Справочник по физике и технике: Учеб. пособие для учащихся / А.С. Енохович. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Просвещение, 1989. – 224 с.: ил.
13. Соломин, О.В. Колебания и устойчивость роторов на подшипниках скольжения в условиях вскипания смазочного материала: Дисс. канд. техн. наук. – Орел, 2000. – 259 с.
14. Савин, Л.А. Влияние температурных деформаций элементов опорного узла на функцию радиального зазора / Л.А. Савин, О.В. Соломин, Д.Е. Устинов // Вестник науки: Сб. науч. тр. – Орел: ОрелГТУ, 1999. – С. 54 – 61.
15. Коровчинский, М.В. Теоретические основы работы подшипников скольжения / М.В. Коровчинский. – М.: Машгиз, 1959. – 404 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

Савин Леонид Алексеевич
 ФГБОУ ВО «Орловский
 государственный
 университет имени И.С.
 Тургенева»
 302020, г. Орел, Наугорское шоссе,
 29
 Доктор технических наук,
 профессор кафедры
 мехатроники, механики и
 робототехники
 Тел. 8 (4862) 41-98-85
 E-mail: savin@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, L.A. SAVIN, E.V. MISHCHENKO

THE INFLUENCE OF THE TEMPERATURE DEFORMATIONS OF ROTORS ON THE CHARACTERISTICS OF CONICAL LIQUID FRICTION BEARINGS

Abstract. *The engineering method of calculation of the radial clearance bearing in the lubricant layer with temperature deformations in the supporting, sealing units is considered. The ranges of the changes of geometrical parameters for required performance parameters of conical liquid friction bearings are substantiated.*

Keywords: *conical liquid friction bearings, load-carrying capacity, pressure fields, lubricant layer reactions, eccentricity, temperature deformations, radial and axial clearance.*

BIBLIOGRAPHY

1. Savin, L.A. Modelirovaniye rotornykh sistem s oporami zhidkostnogo treniya: monografiya / L.A. Savin, O.V. Solomin. – M.: Mashinostroyeniye-1, 2006. – 444 s.
2. Korneyev, A. YU. Konicheskiye podshipniki zhidkostnogo treniya: monografiya / A. YU. Korneyev, L. A. Savin, O. V. Solomin; pod obshch.red. L. A. Savina. – M.: Mashinostroyeniye-1, 2008. – 172c.
3. Korneyev, A.YU. Tendentsii primeneniya konicheskikh podshipnikov skolzheniya / A.YU.Korneyev, L.A.Savin, M.M.Yaroslavtsev // Mezhdvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov «Fizika, khimiya i mekhanika tribosistem». Ivanovo: Ivanovskiy gosudarstvennyy universitet, 2008. – Vyp.7. – S. 98 – 105.
4. Korneyev, A.YU. Dinamicheskiye i integralnyye kharakteristiki konicheskikh podshipnikov skolzheniya: Diss. kand. tekhn. nauk. – Orel, 2004. – 207 s.
5. Korneyev, A.YU. Raschet staticheskikh kharakteristik konicheskikh mnogoklinovykh gidrodinamicheskikh opor zhidkostnogo treniya / A.YU. Korneyev, L.A. Savin, M.M. Yaroslavtsev // Vestnik mashinostroyeniya. – 2010. – № 3. – S. 25 – 29.
6. Korneev, A.Yu. Static characteristics of conical multiple-wedge hydrodynamic liquid-friction bearings / A.Yu. Korneev, L.A. Savin, M.M. Yaroslavtsev // Russian Engineering Research, 2010, Vol. 30, No. 3, pp. 219-223. © AllertonPress, Inc., 2010.
7. Korneyev, A.YU. Raschet staticheskikh kharakteristik konicheskikh opor zhidkostnogo treniya / A.YU. Korneyev, L.A. Savin, O.V. Solomin // Vestnik mashinostroyeniya. – 2006. – № 12. – S. 37 – 41.
8. Korneyev, A.YU. Matematicheskaya model neizotermicheskogo turbulentnogo techeniya smazochnogo materiala v konicheskikh oporakh zhidkostnogo treniya / A.YU. Korneyev, L.A. Savin, O.V. Solomin // Vestnik mashinostroyeniya, №7, 2005. – S. 37 – 42.
9. Korneyev, A.YU. Opredeleniye funktsii polnogo zazora v konicheskikh podshipnikakh skolzheniya razlichnoy geometricheskoy formy / A.YU. Korneyev, M.M. Yaroslavtsev // Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Obrazovaniye, nauka, proizvodstvo i upravleniye». Staryy Oskol, 2008. – T.5. – S. 76 – 81.
10. Sheng-Bo Li, Korneev A.Yu., Hong-Yuan Jiang. The determination of the complete gap function in different types of conical bearings // Proceedings of the Ninth International Conference on Machine Learning and Cybernetics. Qingdao, 2010.–Vol.3. –pp.1249 – 1251.
11. Gayevik, D.T. Podshipnikovyye opory sovremennykh mashin / D.T. Gayevik. – M.: Mashinostroyeniye, 1985. – 248 s.
12. Yenokhovich, A.S. Spravochnik po fizike i tekhnike: Ucheb. posobiye dlya uchashchikhsya / A.S. Yenokhovich. – 3-ye izd., pererab. i dop. – M.: Prosveshcheniye, 1989. – 224 s.: il.
13. Solomin, O.V. Kolebaniya i ustoychivost rotorov na podshipnikakh skolzheniya v usloviyakh vskipaniya smazochnogo materiala: Diss. kand. tekhn. nauk. – Orel, 2000. – 259 s.
14. Savin, L.A. Vliyaniye temperaturnykh deformatsiy elementov opornogo uzla na funktsiyu radialnogo zazora / L.A. Savin, O.V. Solomin, D.Ye. Ustinov // Vestnik nauki: Sb. nauch. tr. – Orel: OrelGTU, 1999. – S. 54 – 61.

15. Korovchinskiy, M.V. Teoreticheskiye osnovy raboty podshipnikov skolzheniya / M.V. Korovchinskiy. – M.: Mashgiz, 1959. – 404 s.

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

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

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

ПРИБОРЫ, БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 629.735.45:629.7.05.67

Е.О. АРИСКИН, Р.А. ЛИСИН, М.Р. МИННЕБАЕВ, В.М. СОЛДАТКИН

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПОГРЕШНОСТИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕКТОРА ВЕТРА НА БОРТУ ВЕРТОЛЕТА С ИОННО–МЕТОЧНЫМИ И АЭРОМЕТРИЧЕСКИМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ КАНАЛАМИ

Аннотация. *Рассматриваются ограничение по использованию аэродромных средств и преимущества системы контроля параметров вектора ветра на борту вертолета на основе неподвижного приемника с ионно–меточными и аэрометрическими измерительными каналами. Приводится структурно–функциональная схема и динамические характеристики измерительных каналов, разрабатываются модели динамических погрешностей каналов системы при детерминированных и случайных воздействиях.*

Ключевые слова: *вертолёт, вектор ветра, параметры, контроль, система, ионно–меточные и аэрометрические каналы, динамические характеристики, модели динамических погрешностей, детерминированные и случайные воздействия.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по летной эксплуатации вертолета Ми–8 (издание 4). – М.: Авторитет, 1996. – 554 с.
2. Козицин, В.К. Анализ принципов построения систем измерения воздушных сигналов вертолета / В.К. Козицин, Н.Н. Макаров, А.А. Порунов, В.М. Солдаткин // Авиакосмическое приборостроение. – 2003. – №10. – С. 2–13.
3. Приборы и установки для метеорологических измерений на аэродромах / Под ред. Л.П. Афиногенова и Е.В. Романова. Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 448 с.
4. Солдаткин, В.В. Система воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного аэрометрического приемника и информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта / В.В. Солдаткин: Монография. – Казань: Изд–во Казан. гос. техн. ун–та, 2012. – 284с.
5. Арискин, Е.О. Система измерения параметров вектора ветра на вертолете на основе ионно–меточных и аэрометрических измерительных каналов / В.М. Солдаткин, В.В. Солдаткин, Е.О. Арискин, О.И. Кузнецов, А.В. Никитин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2015. – №1(309). – С.122–132.
6. Патент РФ на изобретение № 2587389, МПКG01P5/14. Бортовая система измерения параметров вектора скорости ветра на стоянке, стартовых и взлетно–посадочных режимах / В.М. Солдаткин, В.В. Солдаткин, Ф.А. Ганеев, Е.О. Арискин, Н.Н. Макаров, В.П. Деревянкин, О.И. Кузнецов, Д.А. Истомин. Заявл. 10.12.2014. Оpubл. 2016. Бюл. №17.
7. Арискин, Е.О. Построение и алгоритмы системы контроля воздушных параметров полета и окружающей среды на борту вертолета с ионно–меточными и аэрометрическими измерительными каналами / Е.О. Арискин, М.Р. Миннебаев, А.В. Никитин, В.В. Солдаткин, В.М. Солдаткин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2018. – № 3(329). – С.150–157.
8. Ганеев, Ф.А. Ионно–меточный датчик аэродинамического угла и воздушной скорости с логотрическими информативными сигналами и интерполяционной схемой обработки / Ганеев Ф.А., Солдаткин В.М. // Известия вузов. Авиационная техника. – 2010. – №3. – С.46–50.
9. Браславский, Д.А. Точность измерительных устройств / Д.А. Браславский, В.В. Петров. М.: Машиностроение, 1976. – 312 с.

Арискин Евгений Олегович
 ФГБОУ ВО «Казанский национальный
 исследовательский технический университет
 имени А.Н. Туполева–КАИ», г. Казань.
 Ассистент кафедры «Приборы и информационно–
 измерительные системы»
 420111, г.Казань, ул. К.Маркса, д. 10
 тел. 8–960–042–52–57
 E–mail: ariskineo@mail.ru

Миннебаев Марат Рамилевич
 ФГБОУ ВО «Казанский национальный
 исследовательский технический университет
 имени А.Н. Туполева–КАИ», г. Казань.
 Магистрант кафедры «Приборы и информационно–
 измерительные системы»
 420111, г.Казань, ул. К.Маркса, д. 10
 тел. 8–960–042–52–57
 E–mail: martin1968q@gmail.com

Лисин Роман Андреевич
 ФГБОУ ВО «Казанский национальный
 исследовательский технический университет
 имени А.Н. Туполева–КАИ», г. Казань.
 Студент кафедры «Приборы и информационно–
 измерительные системы»
 420111, г.Казань, ул. К.Маркса, д. 10
 тел. 8–917–913–38–83
 E–mail: romanlisin202172@gmail.com

Солдаткин Владимир Михайлович
 ФГБОУ ВО «Казанский национальный
 исследовательский технический университет
 имени А.Н. Туполева–КАИ», г. Казань.
 Доктор технических наук, профессор, заведующий
 кафедрой «Приборы и информационно–
 измерительные системы»
 420111, г.Казань, ул. К.Маркса, д. 10
 тел. 8–987–290–81–48
 E–mail: w–soldatkin@mail.ru

E.O. ARISKIN, R.A. LISIN, M.R. MIFTAHOV, V.M. SOLDATKIN

THE DYNAMIC CHARACTERISTICS AND ERROR CONTROL PARAMETERS OF THE WIND VECTOR ON BOARD THE HELICOPTER WITH THE ION–TAGGING AND AEROMETRIC– RELATED MEASURING CHANNELS

Abstract. *The article considers the limitation of the use of airfield facilities and the advantages of the control system of the wind vector parameters on Board the helicopter based on a fixed receiver with ion–marker and aerometric measuring channels. The structural–functional scheme and dynamic characteristics of measuring channels are given, models of dynamic errors of system channels are developed under deterministic and random influences.*

Keywords: *helicopter, wind vector, parameters, control, system, ion–label and aerometric channels, dynamic characteristics, dynamic error models, deterministic and random effects.*

BIBLIOGRAPHY

1. Rukovodstvo po letnoy ekspluatatsii vertoleta Mi–8 (izdaniye 4). – M.: Avtoritet, 1996. – 554 s.
2. Kozitsin, V.K. Analiz printsiptov postroyeniya sistem izmereniya vozdushnykh signalov vertoleta / V.K. Kozitsin, N.N. Makarov, A.A. Porunov, V.M. Soldatkin // Aviakosmicheskoye priborostroyeniye. – 2003. – №10. – S. 2–13.
3. Pribory i ustanovki dlya meteorologicheskikh izmereniy na aerodromakh / Pod red. L.P. Afinogenova i Ye.V. Romanova. L.: Gidrometeoizdat, 1981. – 448 s.
4. Soldatkin, V.V. Sistema vozdushnykh signalov vertoleta na osnove nepodvizhnogo aerometricheskogo priyemnika i informatsii aerodinamicheskogo polya vikhrevoy kolonny nesushchego vinta / V.V. Soldatkin: Monografiya. – Kazan: Izd–vo Kazan. gos. tekhn. un–ta, 2012. – 284s.
5. Ariskin, Ye.O. Sistema izmereniya parametrov vektora vetra na vertolete na osnove ionno–metochnykh i aerometricheskikh izmeritelnykh kanalov / V.M. Soldatkin, V.V. Soldatkin, Ye.O. Ariskin, O.I. Kuznetsov, A.V. Nikitin // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2015. – №1(309). – S.122–132.
6. Patent RF na izobreteniye № 2587389, МРКG01P5/14. Bortovaya sistema izmereniya parametrov vektora skorosti vetra na stoyanke, startovykh i vzletno–posadochnykh rezhimakh / V.M. Soldatkin, V.V. Soldatkin, F.A. Ganeyev, Ye.O. Ariskin, N.N. Makarov, V.P. Derevyankin, O.I. Kuznetsov, D.A. Istomin. Zayavl. 10.12.2014. Opubl. 2016. Byul. №17.
7. Ariskin, Ye.O. Postroyeniye i algoritmy sistemy kontrolya vozdushnykh parametrov poleta i okruzhayushchey sredy na bortu vertoleta s ionno–metochnymi i aerometricheskimi izmeritelnyimi kanalami / Ye.O. Ariskin, M.R. Minnebavev, A.V. Nikitin, V.V. Soldatkin, V.M. Soldatkin // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2018. – № 3(329). – S.150–157.
8. Ganeyev, F.A. Ionno–metochnyy datchik aerodinamicheskogo ugla i vozdushnoy skorosti s logometricheskimi informativnymi signalami i interpolyatsionnoy skhemoy obrabotki / Ganeyev F.A., Soldatkin V.M. // Izvestiya vuzov. Aviatsionnaya tekhnika. – 2010. – №3. – S.46–50.
9. Braslavskiy, D.A. Tochnost izmeritelnykh ustroystv / D.A. Braslavskiy, V.V. Petrov. M.: Mashinostroyeniye, 1976. – 312 s.

Ariskin Evgeniy Olegovich
 FSBEI HE «Kazan National Research Technical
 University named after A.N.Tupolev–KAИ», Kazan

Lisin Roman Andreevich
 FSBEI HE «Kazan National Research Technical
 University named after A.N.Tupolev–KAИ», Kazan

Assistant of department «Devices and information–
measuring system»
420111, Kazan, K.Marksa str,10
Ph. 8(843)231–03–84
E–mail: ariskineo@mail.ru

Student of department «Devices and information–
measuring system»
420111, Kazan, K.Marksa str,10
Ph. 8(843)231–03–84
E–mail: romanlisin202172@gmail.com

Minnebaev Marat Ramilevich
FSBEI HE «Kazan National Research Technical
University named after A.N.Tupolev–KAI», Kazan
Undergraduate of department «Devices and information–
measuring system»
420111, Kazan, K.Marksa str,10
Ph. 8(843)231–03–84
E–mail: martin1968q@gmail.com

Soldatkin Vladimir Michailovich
FSBEI HE «Kazan National Research Technical
University named after A.N.Tupolev–KAI», Kazan
Doctor of technical science, professor, head of department
«Devices and information–measuring system»
420111, Kazan, K.Marksa str,10
Ph. 8(843)231–03–84
E–mail: w–soldatkin@mail.ru

УДК 629.7.05.61: 629.7.045.44

Е.С. ЕФРЕМОВА, Б.И. МИФТАХОВ

МОДЕЛИ И ОЦЕНКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ВИХРЕВОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВЫСОТНО–СКОРОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДОЗВУКОВОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

***Аннотация.** Рассматриваются преимущества, конструктивно–функциональная схема и алгоритмы обработки информации вихревой системы контроля высотно–скоростных параметров дозвукового летательного аппарата.*

Раскрываются источники, методики модели инструментальных погрешностей измерительных каналов вихревой системы. Приводится количественная оценка инструментальных погрешностей в рабочих диапазонах эксплуатации дозвукового летательного аппарата.

Ключевые слова: дозвуковой летательный аппарат, высотно–скоростные параметры, контроль, вихревая система, конструктивно–функциональная схема, алгоритмы, инструментальные погрешности, измерительные каналы, модели, количественная оценка.

Работа выполнена по гранту РФФИ № 18–38–00094.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ключев, Г.И. Измерители динамических параметров летательных аппаратов / Г.И. Ключев, Н.Н. Макаров, В.М. Солдаткин, И.П. Ефимов: Учебное пособие. Ульяновск: Изд–во Ульяновск. гос. техн. ун–т, 2005. – 590 с.
2. Солдаткин, В.М. Методы и средства измерения аэродинамических углов летательных аппаратов / В.М. Солдаткин. – Казань: Изд–во Казан. гос. техн. ун–та, 2001. – 448 с.
3. Алексеев, Н.В. Системы измерения воздушных сигналов нового поколения / Н.В. Алексеев, Е.С. Вождаев, В.Г. Кравцов и др. Авиакосмическое приборостроение. – 2003. – №8. – С. 33–36.
4. Патент РФ на изобретение №2506596, МПК G01 P 5/20. Вихревой датчик аэродинамического угла и истинной воздушной скорости / В.М. Солдаткин, Е.С. Солдаткина. Заявл. 16.07.Е2012. Заявка №2012130110/28. Оpubл. 24.04.2013. – Бюл.№12.
5. Ефремова, Е.С. Имитация воздушных сигналов при контроле функционирования бортовых комплексов самолета / Е.С. Ефремова // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2016. – №2(316). – С. 127–134.
6. Ефремова, Е.С. Математические модели и количественная оценка методических погрешностей вихревой системы контроля высотно–скоростных параметров полета / Е.С. Ефремова, Р.В. Солдаткин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2018. – №2(328). – С. 148–155.
7. Браславский, Д.А. Точность измерительных устройств / Д.А. Браславский, В.В. Петров. – М.: Машиностроение, 1976. – 312 с.
8. Солдаткина, Е.С. Анализ метрологических характеристик вихревого датчика аэродинамического угла и истинной воздушной скорости / Е.С. Солдаткина, В.М. Солдаткин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2036. – №2(298). – С. 111–117.
9. [Электронный ресурс]. URL: www.aeroprabor.ru
10. ГОСТ 4401–81. Атмосфера стандартная. Параметры. – М.: Изд–во Стандартов, 1981. – 179 с.

Ефремова Елена Сергеевна
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический университет

Мифтахов Булат Ильгизарович
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический университет

имени А.Н. Туполева–КАИ», г. Казань,
Ассистент кафедры «Приборы и информационно–
измерительные системы»
420111, г.Казань, ул. К.Маркса, д. 10
тел. 8(843)231–03–84
E–mail: w–soldatkin@mail.ru

имени А.Н. Туполева–КАИ», г. Казань,
Магистрант кафедры «Приборы и информационно–
измерительные системы»
420111, г.Казань, ул. К.Маркса, д. 10
тел. 8(843)231–03–84
E–mail: w–soldatkin@mail.ru

E.S. EFREMOVA, B.I. MIFTAKHOV

MODELS AND ESTIMATION OF INSTRUMENTAL ERRORS OF THE VORTEX CONTROL SYSTEM OF VELOCITY–SPEED PARAMETERS OF SUBSONIC AIRCRAFT

Abstract. *The advantages, constructive–functional scheme and information processing algorithms of the vortex control system of velocity–speed parameters of subsonic aircraft are considered.*

The sources and methods of the model of instrumental errors of the measuring channels of the vortex system are revealed. The quantitative estimation of instrumental errors in the operating ranges of operation to the subsonic aircraft is given.

Keywords: *subsonic aircraft, velocity–speed parameters, control, vortex system, constructive–functional scheme, algorithms, instrumental errors, measuring channels, models, quantitative estimation.*

BIBLIOGRAPHY

1. Kljuev, G.I. Izmeriteli dinamicheskikh parametrov letatelnykh apparatov / G.I. Kljuev, N.N. Makarov, V.M. Soldatkin, I.P. Efimov: Uchebnoe posobie. Uljanovsk: Izd–vo Uljanovsk. gos. tehn. un–t, 2005. – 590 s.
2. Soldatkin V.M. Metody i sredstva izmereniya ajerodinamicheskikh uglov letatelnykh apparatov / V.M. Soldatkin. – Kazan: Izd–vo Kazan. gos. tehn. un–ta, 2001. – 448 s.
3. Alekseev N.V. Sistemy izmereniya vozdushnykh signalov novogo pokoleniya / N.V. Alekseev, E.S. Vozhdaev, V.G. Kravcov i dr. Aviakosmicheskoe priborostroenie. – 2003. – №8. – S. 33–36.
4. Patent RF na izobretenie №2506596, MPK G01 P 5/20. Vihrevoj datchik ajerodinamicheskogo ugla i istinnoy vozduшной skorosti / V.M. Soldatkin, E.S. Soldatkina. Zajavl. 16. 07. 2012. Zajavka №2012130110/28. Opubl. 24.04.2013. – Bjul.№12.
5. Efremova E.S. Imitatsiya vozdushnykh signalov pri kontrole funktsionirovaniya bortovykh kompleksov samoleta / E.S. Efremova // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. 2016. – №2(316). – S. 127–134.
6. Efremova E.S. Matematicheskiye modeli i kolichestvennaya otsenka metodicheskikh pogreshnostey vikhrevoj sistemy kontrolya vysotno–skorostnykh parametrov poleta / E.S. Efremova. R.V. Soldatkin // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. 2018. – №2(328). – S. 148–155.
7. Braslavskiy D.A. Tochnost izmeritelnykh ustroystv / D.A. Braslavskiy. V.V. Petrov. – M.: Mashinostroyeniye. 1976. – 312s.
8. Soldatkina E.S. Analiz metrologicheskikh kharakteristik vikhrevoego datchika aerodinamicheskogo ugla i istinnoy vozduшной skorosti / E.S. Soldatkina. V.M. Soldatkin // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. 2016. – №2(298). – S. 111–117.
9. [Elektronnyy resurs]. URL: www.aeropribor.ru
10. GOST 4401–81. Atmosfera standartnaya. Parametry. – M.: Izd–vo Standartov. 1981. – 179s.

Efremova Elena Sergeevna
FSBEI HE «Kazan National Research Technical
University named after A.N.Tupolev–KAI», Kazan,
Assistant of department «Devices and information–
measuring system»
420111, Kazan, K.Marksa str,10
Ph. 8(843)231–03–84
E–mail: w–sokdatkin@mail.ru

Miftakhov Bylat Ilgizarovich
FSBEI HE «Kazan National Research Technical
University named after A.N.Tupolev–KAI», Kazan,
Undergraduate of department «Devices and information–
measuring system»
420111, Kazan, K.Marksa str,10
Ph. 8(843)231–03–84
E–mail: w–sokdatkin@mail.ru

УДК 537.322.9

О.И. МАРКОВ

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТУПЕНЧАТОГО ТЕРМОЭЛЕМЕНТА

Аннотация. На основе численного моделирования проведена оптимизация тепловых и термоэлектрических процессов в ветвях ступенчатого термоэлектрического охладителя Пельтье. Плоская математическая модель основана на уравнениях стационарной теплопроводности с распределенными источниками тепловыделения. В статье представлены результаты оптимизации тепловых процессов в ступенчатом термоэлектрическом охладителе.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исмаилов, Т.А. Модернизация термоэлектрического реанимационного комплекса для неонатологии / Исмаилов Т.А., Хазамова М.А., Хуламагомедова З.А. // Доклады XV Межгосударственной конференции «Термоэлектрики и их применения», С.–Петербург. ФТИ им. А.Ф.Иоффе. 2017. С. 285–288.
2. Рагимова, Т.А. Устройство для теплового воздействия на шейно–воротниковую зону на базе термоэлектрических преобразователей энергии / Рагимова Т.А., Хазамова М.А., Рамазанова Д.К./ Доклады XV Межгосударственной конференции «Термоэлектрики и их применения», С.–Петербург. ФТИ им. А.Ф.Иоффе. 2017. С. 289–292.
3. Анатычук, Л.И. Термоэлектричество. Т.1. Физика термоэлектричества/ Л.И. Анатычук. – Черновцы: Изд-во Института термоэлектричества. 2008. – 388 с
4. Анатычук, Л.И. Термоэлектричество. Т.2. Термоэлектрические преобразователи энергии/ Л.И. Анатычук. – Черновцы: Изд-во Института термоэлектричества. 2003. – 374 с
5. Корнилов, В.С. Расчет характеристик термоэлектрического охладителя с боковым отводом тепла / В.С.Корнилов, Г.А.Иванов, А.С. Парахин // Тезисы докладов межвузовской конференции «Физика твердого тела». Барнаул. БГПИ. 1982. с.10–11.
6. Корнилов, В.С. Исследование температурного поля термоэлектрического охладителя с боковым отводом тепла / В.С.Корнилов, Г.А.Иванов, А.С. Парахин // Тезисы докладов межвузовской конференции «Физика твердого тела». Барнаул. БГПИ. 1982. с.11–12.
7. Марков, О.И. Компьютерное моделирование термоэлектрических преобразователей / О.И.Марков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2011. – № 1 (285). – С.20–24.
8. Марков, О.И. Патент на полезную модель РФ №172616 МПК H02L 35/02. Устройство полупроводникового термоэлемента. / О.И. Марков// Заявл. 10.03.2017; опубл. 14.07.2017., Бюл. №20, 2017.
9. Марков, О.И.. Эффективность бокового отвода тепла в ступенчатом термоэлементе. / О.И.Марков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2018. – № 4–1 (330). – С.165–170.
10. Описание возможностей программы ELCUT // источник: http://elcut.ru/feat_r.htm

Марков Олег Иванович

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева,
г. Орел,

доктор физ.–мат. наук, заведующий кафедрой экспериментальной и теоретической физики

E–mail: O.I.Markov@mail.ru

O.I. MARKOV

OPTIMIZATION OF EFFICIENCY OF THE STEP THERMOELEMENT

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

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

BIBLIOGRAPHY

1. Ismailov, T. A. Modernizatsiya termoelektricheskogo reanimatsionnogo kompleksa dlja neonatologii/ T.A. Ismailov, M.A.Hazamova, Z.A. Hulamagomedova// Doklady XV Mezhhgosudarstvennoy konferentsii «Termoelektriki i ih primeneniya», S.–Peterburg. FTI im. A.F.Ioffe. 2017. S. 285–288.
2. Ragimova, T.A. Ustroystvo dlja teplovogo vozdeystviya na sheyno–vorotnikovuju zonu na baze termoelektricheskikh preobrazovateley energii / T.A.Ragimova, M.A.Hazamova, D.K.Ramazanova // Doklady XV Mezhhgosudarstvennoy konferentsii «Termoelektriki i ih primeneniya», S.–Peterburg. FTI im. A.F.Ioffe. 2017. S. 289–292.
3. Anatyshchuk, L. I. Termoelektrichestvo. T.1. Fizika termoelektrichestva / L.I. Anatyshchuk.– Chernovtsy: Isd–vo Unstituta termoelektrichestva. 2008. –388 s.
4. Anatyshchuk, L. I. Termoelektrichestvo. T.2. Termoelektricheskie preobrasovately energii / L.I. Anatyshchuk.– Chernovtsy: Isd–vo Unstituta termoelektrichestva. 2003.– 374 s.
5. Kornilov, V.S. Raschet karakteristik termoelektricheskogo ohladitelya s bokovym otvodom tepla / V.S. Kornilov, G.A.Ivanov, A.S.Parahin // Tesisy dokladov mezhhvusovskoy konferentsii «Fizika tverdogo tela». Barnaul.: BGPI, 1982 –. S. 10–11.
6. Kornilov, V.S. Issledovanie temperaturnogo polya termoelektricheskogo ohladitelya s bokovym otvodom tepla / V.S. Kornilov, G.A.Ivanov, A.S.Parahin // Tezisy dokladov mezhhvusovskoy konferentsii «Fizika tverdogo tela». Barnaul.: BGPI, 1982. – S. 11–12.
7. Markov, O.I. Kompyuternoye modelirovaniye termoelektricheskikh preobrasovateley/ O.I.Markov// Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2011. – №1 (285). – S. 20–24.
8. Markov, O.I. Patent na polesnuyu model RF № 172616 МПК H02L 35/02. Ustroystvo poluprovodnikovogo termoelementa / Markov O.I. sayavl. 10.03.2017, opubl. 14.07.2017. Byul. №20, 2017.
9. Markov, O.I. Effektivnost bokovogo otvoda tepla v stupenchayom yermpelemente/ O.I.Markov// Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2018. – №4–1 (330). – S. 165–170.
10. Opisanie vosmozhnostey programmy ELCUT // istochnik: http://elcut.ru/feat_r.htm

Markov Oleg Ivanovich

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

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

УДК 615.47

Р.А. СТЕПАШОВ, Л.В. СТАРОДУБЦЕВА, Е.Н. КОРЕНЕВСКАЯ, В.И. ФЕДЯНИН

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ
 СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ ПРОВОЦИРУЕМЫХ КОНТАКТОМ
 С ЯДОХИМИКАТАМИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ
 ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

***Аннотация.** В статье предлагается математическая модель прогнозирования заболеваний системы дыхания у работников контактирующих с ядохимикатами построенная с использованием методологии синтеза гибридных нечетких решающих правил, обеспечивающая уверенность в принимаемых решениях не ниже 0,85.*

***Ключевые слова:** прогнозирование, нечеткая логика, система дыхания, ядохимикаты математическая модель.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойцов, А.В. Применение теории измерения латентных переменных для формирования пространства информативных признаков в задачах оценки функционального состояния человека / Л.П. Лазурина, С.Н. Кореневская, А.Н. Шуткин// Известия Юго–Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение, 2014. – №6 (57). – С. 52–58.

2. Гадалов, В.Н. Математические модели рефлекторных систем организма человека и их использование для прогнозирования и диагностики заболеваний / В.Н. Гадалов, Н.А. Корневский, В.Н. Снопков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах, 2012.–Т11.– № 2. – С. 515–521.
3. Емельянов, С.Г. Прогнозирование степени тяжести развития ишемического процесса в сердце, головном мозге и нижних конечностях на основе нечетких моделей / С.Г. Емельянов, Н.А. Корневский, А.В. Быков // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2016. – №9. – С.4–9.
4. Конева, Л.В. Оценка уровня психоэмоционального напряжения и утомления по показателям, характеризующим состояние внимания человека / Л.В. Конева, С.Н. Корневская, С.В. Дегтярев // Системный анализ и управление в биомедицинских системах, 2012.–Т11.– № 4. – С. 993–1000.
5. Корневская, С.Н. Аппаратно–программный комплекс для психофизиологических исследований на базе платформы ANDROID с AFE – интерфейсом / С.Н. Корневская, Е.С. Шкатова, М.А. Магеровский, А.Н. Шуткин // Медицинская техника. 2016. – №5 – С. 24–27.
6. Корневский, Н.А. Компьютерные системы ранней диагностики состояния организма методами рефлексологии. Министерство образования Российской Федерации. Новочеркасск, 2003.
7. Корневский, Н.А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем // Медицинская техника, 2015, №1 (289) С.33–35.
8. Корневский, Н.А. Принципы и методы построения интерактивных систем диагностики и управления состоянием здоровья человека на основе полифункциональных моделей: автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт–Петербург, 1993. –32 с.
9. Корневский, Н.А. Проектирование систем принятия решений на нечетких сетевых моделях в задачах медицинской диагностики и прогнозирования / Н.А. Корневский // Телекоммуникации. – 2006. – №6. – С.25–31.
10. Корневский Н.А., Артеменко М.В., Провоторов В.Я., Новикова Л.А. Метод синтеза нечетких решающих правил на основе моделей системных взаимосвязей для решения задач прогнозирования и диагностики заболеваний/ Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. –Т.13, № 4, с.881–886.
11. Корневский, Н.А. Прогнозирование и ранняя диагностика заболеваний сельскохозяйственных рабочих на основе нечеткой логики принятия решений / Н.А. Корневский, Н.А. Коптева, Р.А. Крупчатников // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т.4. №7. С. 86–89.
12. Корневский, Н.А. Энергоинформационные модели рефлексодиагностики / Н.А. Корневский, Л.П. Лазурина // ОмЦП. Курск, 2000, 177 с.
13. Корневский, Н.А. Синтез коллективов гибридных нечетких моделей оценки состояния сложных систем / Н.А. Корневский, К.В. Разумова // Научно–технические технологии, 2014. – Т.15. – №12. – С.31–40.
14. Корневский, Н.А. Метод синтеза нечетких решающих правил для оценки состояния сложных систем по информации о геометрической структуре многомерных данных // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т.4. №7. С. 128–136.
15. Корневский, Н.А. Прогнозирование и диагностика заболеваний, вызываемых вредными производственными и экологическими факторами на основе гетерогенных моделей / Н.А. Корневский, В.И. Серебровский, Н.А. Коптева, Т.Н. Говорухина // Издательство Курск.гос.с.–х.ак, 2012. – 231с.
16. Корневский, Н.А. Комплекс для исследования особенностей внимания и памяти / Н.А. Корневский, Д.Е. Скопин, Р.Т. Аль–Касасбех, А.А. Кузьмин // Медицинская техника. 2010. №1.– С.36–40.
17. Корневский, Н.А. Интеллектуальная система управления здоровьем работником агропромышленного комплекса / Н.А. Корневский, Р.В. Степашов, В.В. Аксенов, М.А. Воронова, А.А. Бурмака // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2018. – Т. 17.– №3.– С.672–678.
18. Корневский, Н.А. Нечеткие математические модели прогнозирования и ранней диагностики профессиональных заболеваний сельскохозяйственных рабочих контактирующих с ядохимикатами [электронный журнал] / Н.А. Корневский, Р.В. Степашов, Р.А. Крупчатников, В.В. Аксенов, Н.Л. Коржук // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т.6.–№3.– https://moit.vivt.ru/wpcontent/uploads/2018/07/KornevskiySoavtori_3_18_2.pdf.
19. Корневский, Н.А. Комплексная оценка уровня психоэмоционального напряжения / Корневский Н.А., Филатова О.И., Лукашов М.И., Крупчатников Р.А. // Биомедицинская радиоэлектроника. 2009. № 5. С. 4–9.
20. Корневский, Н.А. Оценка и управление состоянием здоровья обучающихся на основе гибридных интеллектуальных технологий: монография / Н.А. Корневский, А.Н. Шуткин, С.А. Горбатенко, В.И. Серебровский. – Старый Оскол: ТНТ, 2016. – 472с.
21. Лукашов М.И. Определение уровня длительного физического утомления как фактора риска рецидивов хронических заболеваний / М.И. Лукашов, Н.А. Корневский, А.В. Еремин, О.И. Филатова // Биомедицинская радиоэлектроника.– 2009. № 5. С. 10–15.
22. Серегин, С.П. Математические модели прогнозирования и профилактики рецидивов инфарктов миокарда в реабилитационном периоде: монография / С.П. Серегин, О.Н. Воробьева, С.Н. Корневская [и др.] // Юго–Зап.гос.ун.–т.– Курск, 2015. – 166с.
23. Серегин, С.П. Синтез комбинированных нечетких решающих правил для прогнозирования послеоперационных осложнений в урологии / С.П. Серегин, С.Д. Долженков, С.Н. Корневская, Т.Н. Сапитонова // Известия Юго–Западного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2012. №2–3. С.293–297.
24. Степашов, Р.В. Использование технологий мягких вычислений для прогнозирования и диагностики профессиональных заболеваний работников агропромышленного комплекса: монография / Р.В. Степашов, Н.А. Корневский, А.В. Серебровский, Т.Н. Говорухина – Курск: КГСХА, 2016 – 224с.

25. Степашов, Р.В. Синтез решающих правил для прогнозирования и диагностики заболеваний сельскохозяйственных рабочих контактирующих с ядохимикатами / Р.В. Степашов, Н.А. Корневский, Е.С. Потапова // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2018. – Т.17, № 3. С.709–717.
26. Al-Kasasbeh, R. Prediction of gastric ulcers based on the change in electrical resistance of acupuncture points using fuzzy logic decision-making / Al-Kasasbeh R., Alshamasin M., Korenevskiy N., Ionescou F., Smith A. // Computer methods in biomechanics and biomedical engineering, 2013. – Т.16. – №3. – С.302–313.
27. Al-Kasasbeh, R. Prediction and prenosological diagnostics of heart diseases based on energy characteristics of acupuncture points and fuzzy logic / Al-Kasasbeh R., Alshamasin M., Korenevskiy N., Kuzmin A., Ionescou F. // Computer methods in biomechanics and biomedical engineering, 2012. – Т15. – №7. – С.681–689.
28. Al-Kasasbeh, R.T. Fuzzy Model Evaluation of Vehicles Ergonomics and Its Influence on Occupational Diseases / R. T. Al-Kasasbeh, N.A. 141 Korenevskiy, M. S. Alshamasin, S.N. Korenevskaya, E. T. Al-Kasasbeh, I. Maksim // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018.– 143–154.
29. Al-Kasasbeh, R.T. Method of Ergonomics Assessment of Technical Systems and Its Influence on Operators Health on Basis of Hybrid Fuzzy Models / R. T. Al-Kasasbeh, N.A. Korenevskiy, M. S. Alshamasin, I. Maksim // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018.–590. С. 581–592.
30. Korenevskiy, N. Fuzzy determination of the humans level of physico-emotional / Korenevskiy N., Al-Kasasbeh R., Alshamasin M., Ionescou F., Al-Kasabeh E., Smith A.P. // в сборнике: IFMBE Proceedings Ser. “4th International Conference on Biomedicl Engineering in Vietnam”, 2013. – С. 213–216.
31. Korenevskiy N. A., System for studying specific features of attention and memory / N. A. Korenevskiy, D.E. Skopin, A.A. Kusmin, R.T. Al-Kasasbeh // Biomedical engineering, 2010. Т. 44. № 1. С. 32–35.

Степашов Роман Владимирович

ФГБОУ ВО Курская ГСХА, г.Курск ст. преподаватель кафедры электротехнологии и электроэнергетики 305040, г.Курск, ул.50 лет Октября, 94 тел.: +7 (4712) 22–26–60 E-mail: kstu-bmi@yandex.ru

Стародубцева Лилия Викторовна

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» г. Курск кандидат технических наук, доцент 305040, г.Курск, ул.50 лет Октября, 94 тел.: +7 (4712) 22–26–60 E-mail: kstu-bmi@yandex.ru

Корневская Елена Николаевна

преподаватель кафедры физического воспитания и спорта Донецкий национальный технический университет, (Украина, Донецк)

Федянин Виталий Иванович

ФГБОУ ВО «Воронежский мнститут ГПС МЧС России» – филиал Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России доктор технических наук, профессор 394052, Воронеж, ул. Краснознаменная, 231 тел.: +7 (4712) 22–26–60 E-mail: kstu-bmi@yandex.ru

R.V. STEPASHOV, L.V. STARODUBTSEVA, E.N. KORENEVSKAY, V.I. FEDYANIN

MATHEMATICAL MODEL FOR PREDICTING DISEASES OF THE RESPIRATORY SYSTEM CAUSED BY THE CONTACT WITH TOXIC CHEMICALS BASED ON FUZZY LOGIC DECISION-MAKING

Abstract. *The article proposes a mathematical model for predicting diseases of the respiratory system in workers in contact with toxic chemicals, built using the methodology for the synthesis of hybrid fuzzy decision rules, providing confidence in the decisions made not lower than 0.85.*

Keywords: *forecasting, fuzzy logic, respiratory system, toxic chemicals mathematical model.*

BIBLIOGRAPHY

1. Boytsov, A. V. Application of the theory of measurement of latent variables for formation of space of informative signs in problems of an assessment of a functional state of the person / L. p. Lazurin, S. N. Korenevskaya, A. N. Shutkin // News of Southwest State University. Series Management, computer engineering, computer science. Medical instrumentation, 2014. – №6 (57). – Pp. 52–58.
2. Gadalov, V. N. Mathematical models of reflex systems of the human body and their use for the prediction and diagnosis of diseases / V. N. Gadalov, N. Ah. Korenevsky, V. N. Snopkov // System analysis and control in biomedical systems, 2012.–Т11.– № 2. – Pp. 515–521.
3. Emelyanov, S. G. Predicting the severity of the ischemic process in the heart, brain and lower extremities on the basis of indecipherable models / S. G. Emelyanov, N. Ah. Korenevsky, V. Bykov // Biomedical Radioelectronics. – 2016. – №9. – Pp. 4–9.
4. Koneva, L. V. Assessment of the level of psycho-emotional stress and fatigue in terms of indicators characterizing the state of human attention / L. V. Koneva, S. N. Korenevskaya, S. V. Degtyarev // System analysis and management in biomedical systems, 2012.–Т11.– № 4. – Pp. 993–1000.

5. Korenevskaya, S. N. Hardware and software complex for psychophysiological research based on the ANDROID platform with AFE-interface / S.N. Korenevskaya E. S. Shkatova, M. A. Magerovsky, A. N. Shutkin // Medical equipment. 2016. – №5–Pp. 24–27.
6. Korenevsky, N. Computer system early diagnostics of organism condition by the methods of reflexology. Ministry of education of the Russian Federation. Novocherkassk, 2003.
7. Korenevsky, N.A. The use of indecipherable logic decision making for medical expert systems / Medical technology, 2015, №1 (289) Pp. 33–35.
8. Korenevsky, N. A. Principles and methods of construction of interactive systems of diagnosis and management of human health on the basis of multifunctional models: abstract for the degree of doctor of technical Sciences / St. Petersburg, 1993. –Pp. 32.
9. Korenevsky, N. A. Design of decision-making systems on indecipherable network models in the problems of medical diagnosis and forecasting / N. Ah. Korenevsky // Telecommunications. – 2006. – №6. – Pp. 25–31.
10. Korenevsky N. Ah. Artemenko M. V., Provotorov V. Ya., Novikova L. A. method of indecipherable decision rules synthesis on the basis of models of system interrelations for the decision of problems of forecasting and diagnostics of diseases/ System analysis and management in biomedical systems. – 2014. – Vol. 13, № 4, Pp. 881–886.
11. Korenevsky, N. Ah. Forecasting and early diagnosis of diseases of agricultural workers on the basis of indecipherable logic of decision-making / N. Ah. Korenevsky, N. Ah. Kopteva, R. A. Krupchatnikov // Bulletin of Voronezh state technical University. 2008. Vol. 4. No. 7. Pp. 86–89.
12. Korenevsky, N.. Energy-model reflexodiagnostic / N.. Korenevsky, L. P. Lazurina // OMCP. Kursk, 2000, Pp. 177.
13. Korenevsky, N.A. The synthesis of hybrid ensembles of indecipherable models for the assessment of complex systems / N.. Korenevsky, K. V. Razumova // high technologies, 2014. – Vol. 15. – №12. – Pp. 31–40.
14. Korenevsky, N. A. Method of synthesis of indecipherable decision rules for assessing the state of complex systems on the information about the geometric structure of multidimensional data // Bulletin of the Voronezh state technical University. 2008. Vol. 4. No. 7. Pp. 128–136.
15. Korenevsky, N. A. Prediction and diagnosis of diseases caused by harmful industrial and environmental factors based on heterogeneous models / N. Ah. Korenevsky, V. I. Serebrovsky, N. Ah. Kopteva, T. N. Govorukhina // Publishing Kursk.state S.–H. AK, 2012. – Pp. 231.
16. Korenevskiy, N. A. Complex for research of features of attention and memory / N. A. Korenevskiy, D.E. Skopin, R.T. Al-Kasasbeh, A.A. Kusmin // Biomedical engineering, 2010. № 1. С. 36–40.
17. Korenevsky, N.A. Intelligent system health management работников агропромышленного комплекса N. A. Korenevsky, R. V. Stepashov, V. V. Aksenov, M. A. Voronov, A. A. Burmaka // System analysis and control of biomedical systems. – 2018. – Т. 17.– №3.– P.672–678.
18. Korenevsky, N.A. Fuzzy mathematical models of forecasting and early diagnosis of occupational diseases of agricultural workers in contact with pesticides [electronic journal] N.A. Korenevsky, V. R. Stepashov, R. A. Krupchatnikov, V. V. Aksenov, N. L. Korguk // Simulation, optimization and information technology. –2018.–Т.6.– №3.–https://moit.vivt.ru/wpcontent/uploads/2018/07/KorenevskiySoavtori_3_18_2.pdf.
19. Korenevsky, N. A. Complex assessment of the level of psycho-emotional stress / Korenevsky N. Ah. Filatova O. I., Lukashov M. I., Krupchatnikov R. A. // Biomedical radio electronics. 2009. No. 5. – Pp. 4–9
20. Korenevsky, N. A. Evaluation and health management of students on the basis of hybrid intelligent technologies: monograph / N. Ah. Korenevsky, A. Shutkin, S. Gorbatenko, V. I. Serebrovsky. – Stary Oskol: TNT, 2016. – Pp. 472.
21. Determination of the level of long-term physical fatigue as a risk factor for recurrence of chronic diseases / M. I. Lukashov, N. A. Korenevsky, A.V. Eremin, O. I. Filatova / Biomedical Radioelectronics.– 2009. No. 5. Pp. 10–15.
22. Seregin, S. p. Mathematical models of prognosis and prevention of recurrence of myocardial infarctions in the rehabilitation period: monograph / S. p. Seregin, O. N. Vorobyova, S. N. Korenevskaya [et al.] // Southwest State University.–Kursk, 2015. – Pp. 166.
23. Seregin, S. P. Synthesis of combined indecipherable decision rules for prognostication of postoperative complications in urology / S. P. Seregin, S. D. Dolzhenkov, S. N. Korenevsky, T. N. Kapitonova // news of Southwest State University. Series Management, computer engineering, computer science. Medical instrumentation. 2012. №2–3. Pp. 293–297.
24. Stepashov, R. V. The use of soft computing technologies for the prediction and diagnosis of occupational diseases of agricultural workers: monograph / R.V. Stepashov, N.A. Korenevsky, A.V. Serebrovsky, T. N. Govorukhina – Kursk: KGSHA, 2016 – 224p.
25. Stepashov, R. V. Synthesis of decisive rules for the prediction and diagnosis of diseases of agricultural workers in contact with pesticides / R. V. Stepashov, N. Ah. Korenevsky, E. S. Potapova // System analysis and management in biomedical systems. – 2018. – Vol. 17, № 3. P. 709–717.
26. Al-Kasasbeh, R. Prediction of gastric ulcers based on the change in electrical resistance of acupuncture points using fuzzy logic decision-making / Al-Kasasbeh R., Alshamasin M., Korenevskiy N., Ionescou F., Smith A. // Computer methods in biomechanics and biomedical engineering, 2013. – Т.16. – №3. – С.302–313.
27. Al-Kasasbeh, R. Prediction and prenosological diagnostics of heart diseases based on energy characteristics of acupuncture points and fuzzy logic / Al-Kasasbeh R., Alshamasin M., Korenevskiy N., Kuzmin A., Ionescou F. // Computer methods in biomechanics and biomedical engineering, 2012. – Т15. – №7. – С.681–689.
28. Al-Kasasbeh, R.T. Fuzzy Model Evaluation of Vehicles Ergonomics and Its Influence on Occupational Diseases / R. T. Al-Kasasbeh, N.A. 141 Korenevskiy, M. S. Alshamasin, S.N. Korenevskaya, E. T. Al-Kasasbeh, I. Maksim // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018.– 143–154.

29. Al-Kasasbeh, R.T. Method of Ergonomics Assessment of Technical Systems and Its Influence on Operators Health on Basis of Hybrid Fuzzy Models / R. T. Al-Kasasbeh, N.A. Korenevskiy, M. S. Alshamasin, I. Maksim // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018.–590. С. 581–592.

30. Korenevskiy, N.A. Fuzzy determination of the humans level of physcho-emotional / Korenevskiy N., Al-Kasasbeh R., Alshamasin M., Ionescou F., Al-Kasabeh E., Smith A.P. // в сборнике: IFMBE Proceedings Сер. “4th International Conference on Biomedicl Engineering in Vietnam”, 2013. – С. 213–216.

31. Korenevskiy N. A., System for studying specific features of attention and memory / N. A. Korenevskiy, D.E. Skopin, A.A. Kusmin, R.T. Al-Kasasbeh // Biomedical engineering, 2010. Т. 44. № 1. С. 32–35.

Stepashov Roman Vladimirovich

Of the Kursk state agricultural Academy, Kursk senior lecturer of the Department of Electrotechnology and electric power
305040, Kursk, St. 50 years of October, 94
тел.: +7 (4712) 22–26–60
E-mail: kstu-bmi@yandex.ru

Starodubtseva Lilia Viktorovna

Southwest State University
candidate of technical Sciences, associate Professor
305040, Kursk, St. 50 years of October, 94
тел.: +7 (4712) 22–26–60
E-mail: kstu-bmi@yandex.ru

Korenevskaya Elena Nikolaevna

teacher of the Department of physical education and sports
Donetsk national technical University, (Ukraine, Donetsk)

Fedyanin Vitaly Ivanovich

Of the "Voronezh Institute of state fire service of EMERCOM of Russia» – branch of Ivanovo fire and rescue Academy of EMERCOM of Russia
doctor of technical Sciences, Professor
394052, Voronezh, St. Red banner, 231
тел.: +7 (4712) 22–26–60
E-mail: kstu-bmi@yandex.ru

УДК 620.1.08

А.В. ЖИДКОВ

ЭЛЕКТРОРЕЗИСТИВНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ТРИБОУЗЛА (НА ПРИМЕРЕ ЭНДОПРОТЕЗА ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА С ПАРОЙ ТРЕНИЯ «МЕТАЛЛ–МЕТАЛЛ») И ОЦЕНКА ЕГО ДОСТОВЕРНОСТИ В ПРОСТРАНСТВЕ МЕНЬШЕЙ РАЗМЕРНОСТИ

Аннотация. В статье рассмотрен электрорезистивный метод, состоящий из 6 этапов формирования и обработки электрического сигнала флуктуирующего сопротивления контакта трибосопряжения со сферической формой деталей. Проанализирована кластеризация данных 4 классов по исходным признакам. В качестве улучшения распознавания классов исследуемых объектов классификация объектов переведена в пространство меньшей размерности с помощью линейного дискриминантного анализ (ЛДА) и метода главных компонент. Подсчитана апостериорная вероятность распознавания образа объекта для каждого класса.

Ключевые слова: трибомониторинг, трибосопряжение, кластеризация, линейный дискриминантный анализ, метод главных компонент.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вавилов, В.П. Неразрушающий контроль / В.П. Вавилов, К.В. Подмастерьев, Ф.Р. Соснин, С.Ф. Корндорф, Т.И. Ногачев, Е.В. Пахолкин, Л.А. Бондарева, В.Ф. Мужижкий. Справочник в 8 томах/ Под общей редакцией В.В. Клюева. М.: Машиностроение, 2006. Том 5. Книга 1. Тепловой контроль. Книга 2. Электрический контроль (2–е издание, исправленное).
2. Podmasterev, K.V. Electric method and mians to identify local defects in rollings / Podmasterev K.V., Rakholkin E.V.//Дефектоскопия, 1998. № 8. С. 59–67.
3. Подмастерьев, К.В. Диагностический комплекс для трибологических исследований электрофлуктуационными методами / Подмастерьев К.В., Пахолкин Е.В., Мишин В.В., Марков В.В. // Контроль. Диагностика. 2000. № 12.
4. Подмастерьев, К.В. Измеритель параметров электрического контактирования / Подмастерьев К.В., Пахолкин Е.В., Мишин В.В. // Контроль. Диагностика. 2005. № 11. С.7.
5. Мышкин, Н.К. Электрические контакты Н.К. Мышкин, В.В. Кончиц, М. Браунович Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2008 – 560с.

6. Современная трибология: Итоги и перспективы / Э.Д. Браун, И.А. Буяновский, Н.А. Воронин и др.; Под ред. К.В. Фролов. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 480 с., ISBN 978–5–382–00518–8.
7. Мишин, В.В. Приборная база для комплексного диагностирования подшипников / Мишин В.В., Подмастерьев К.В., Марков В.В. // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2011. № 4(288). С. 111–120.
8. Пахолкин, Е.В. Приборы для трибомониторинга / Пахолкин Е.В., Подмастерьев К.В. // Датчики и системы. 2008. № 3. С. 16–19.
9. Жидков, А.В. Лабораторный стенд для исследования процессов в зоне трения тазобедренного эндопротеза при его испытаниях / А.В. Жидков, В.В. Мишин // перспективное развитие науки, техники и технологий материалы 3-й Международной научно-практической конференции: в 3-х томах. Ответственный редактор Горохов А.А.. 2013. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга" (Курск), 2013. – С. 18–22.
10. Жидков, А.В. Программно-аппаратный комплекс для испытаний эндопротеза тазобедренного сустава с парой трения «металл-металл» / Жидков А.В., Жильцов М.П., Лупандин А.А., Вьюн С.С., Лобода О.А., Мишин В.В., Подмастерьев К.В. // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии – 2016. – №1 (315). – С. 111–121.
11. Биргер, И.А. Техническая диагностика / И.А.Биргер. – 2-е изд. – М.: ЛЕНАНД, 2019. – 240 с.
12. Немирко, А.П. Математический анализ биомедицинских сигналов и данных / А.П. Немирко, Л.А. Манило, А.Н. Калинин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017 – 248 с.

Жидков Алексей Владимирович

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

Ассистент кафедры приборостроения, метрологии и сертификации

Телефон: +79536222332;

E-mail: alexeyzhidkov54@yandex.ru

A.V. ZHIDKOV

ELECTRORESISTIVE METHOD FOR MONITORING THE CONDITION OF A TRIBO-UNIT (ON THE EXAMPLE OF ENDOPROTHESIS OF THE HIP JOINT-VA WITH A METAL-METAL FRITION FRONT) AND ESTIMATION OF ITS RELIABILITY IN A SPACE OF LESS DIMENSION

Abstract. *The article discusses the electroresistive method, which consists of 6 stages of forming and processing the electrical signal of the fluctuating resistance of a tribojunction contact with a spherical shape of parts. The clustering of data of 4 classes according to the initial features is analyzed. As an improvement in the recognition of classes of objects under study, the classification of objects has been translated into a smaller dimension space using linear discriminant analysis (LDA) and the principal component method. The posterior probability of recognizing the image of an object for each class has been calculated.*

Keywords: *tribological monitoring, tribocoupling, clustering, linear discriminant analysis, principal component method.*

BIBLIOGRAPHY

1. Vavilov, V.P. Nerazrushayushchiy kontrol / V.P. Vavilov, K.V. Podmasteryev, F.R. Sosnin, S.F. Korndorf, T.I. Nogachev, Ye.V. Pakholkin, L.A. Bondareva, V.F. Muzhitskiy. Spravochnik v 8 tomakh/ Pod obshchey redaktsiyey V.V. Klyuyeva. M.: Mashinostroyeniye, 2006. Tom 5. Kniga 1. Teplovoy kontrol. Kniga 2. Elektricheskii kontrol (2-ye izdaniye, ispravlennoye).
2. Podmasterev, K.V. Electric method and mians to identify local defects in rollings / Podmasterev K.V., Pakholkin E.V.//Defektoskopiya, 1998. № 8. S. 59–67.
3. Podmasteryev, K.V. Diagnosticheskiy kompleks dlya tribologicheskikh issledovaniy elektrofliktuatsionnymi metodami / Podmasteryev K.V., Pakholkin Ye.V., Mishin V.V., Markov V.V. // Kontrol. Diagnostika. 2000. № 12.
4. Podmasteryev, K.V. Izmeritel parametrov elektricheskogo elektricheskogo kontaktirovaniya / Podmasteryev K.V., Pakholkin Ye.V., Mishin V.V. // Kontrol. Diagnostika. 2005. № 11. S.7.
5. N.K. Myshkin, V.V. Konchits, M. Braunovich Elektricheskiye kontakty: Dolgoprudnyy: Izdatelskiy Dom «Intellect», 2008 – 560s.

6. Sovremennaya tribologiya: Itogi i perspektivy / E.D. Braun, I.A. Buyanovskiy, N.A. Voronin i dr.; Pod red. K.V. Frolov. – M.: Izdatelstvo LKI, 2008. – 480 s., ISBN 978–5–382–00518–8.
7. Mishin, V.V. Pribornaya baza dlya kompleksnogo diagnostirvaniya podshipnikov / Mishin V.V., Podmasteryev K.V., Markov V.V. // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. 2011. № 4(288). S. 111–120.
8. Pakholkin, Ye.V. Pribory dlya tribomonitoringa / Pakholkin Ye.V., Podmasteryev K.V. // Datchiki i sistemy. 2008. № 3. S. 16–19.
9. Zhidkov, A.V. Laboratornyy stand dlya issledovaniya protsessov v zone treniya tazobedrennogo endoproteza pri yego ispytaniyakh / A.V. Zhidkov, V.V. Mishin // perspektivnoye razvitiye nauki, tekhniki i tekhnologiy materialy 3–y Mezhdunarodnoy nauchno–prakticheskoy konferentsii: v 3–kh tomakh. Otvetstvennyy redaktor Gorokhov A.A.. 2013. – Kursk: Zakrytoye aktsionernoye obshchestvo "Universitetskaya kniga" (Kursk), 2013. – S. 18–22.
10. Zhidkov, A.V. Programmno–apparatnyy kompleks dlya ispytaniy endoproteza tazobedrennogo sustava s paroy treniya «metall–metall» / Zhidkov A.V., Zhiltsov M.P., Lupandin A.A., Vyun S.S., Loboda O.A., Mishin V.V., Podmasteryev K.V. // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii – 2016. – №1 (315). – S. 111–121.
11. Birger, I.A. Tekhnicheskaya diagnostika / I.A. Birger. – 2–ye izd. – M.: LENAND, 2019. – 240 s.
12. Nemirko, A.P. Matematicheskiy analiz biomeditsinskikh signalov i dannykh / A.P. Nemirko, L.A. Manilo, A.N. Kalinichenko. – M.: FIZMATLIT, 2017 – 248 s.

Zhidkov Alexey Vladimirovich

State University OSU named after I.S.Turgenev, Orel
Assistant at the Department of Instrument Engineering, Metrology and Certification
Phone: +79536222332;
E–mail: alexeyzhidkov54@yandex.ru

УДК 623.1.7

Ю.Н. ИВАНОВ, Н.В. ДАВЫДОВА, И.Н. ИШУТИН, А.И. ВОЙЦЕХОВСКИЙ

НЕЙРОСИНТЕЗ БЕЗЫЗЫТОЧНОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СРЕДСТВ И КОМПЛЕКСОВ СВЯЗИ В ИНТЕРЕСАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ

Аннотация. В статье представлен алгоритм выбора объёма и номенклатуры показателей качества средств и комплексов связи военного назначения, построенный на основе искусственных нейронных сетей, в интересах прогнозирования их технического уровня и позволяющий повысить объективность задания исходных данных в части выбора важных показателей качества.

Ключевые слова: качество, система показателей, прогноз, технический уровень, комплексы связи, вооружение, военная техника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буренок, В.М. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / В.М. Буренок, В.М. Ляпунов В.И. Мудров. – М.: Издательский дом «Граница», 2005. – 520 с.
2. Р 50–54–47–88. Рекомендации. Прогнозирование технического уровня продукции машиностроения как объекта перспективной стандартизации. – ВНИИИНАШ, г. Москва – 1988 г.
3. 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.
4. Щербаков, М.А. Искусственные нейронные сети. Конспект лекций / М.А. Щербаков. – Пенза: ПГТУ, 1996. – 45 с.
5. Парашук, И.Б. Нейросетевые методы в задачах моделирования и анализа эффективности функционирования сетей связи / И.Б. Парашук, Ю.Н. Иванов, П.Г. Романенко: учебно–методическое пособие – СПб: Военная академия связи, 2010. – 104 с.
6. Назаров, А.В. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем / А.В. Назаров, А.И. Лоскутов. – СПб.: Наука и Техника, 2003. – 384 с.
7. Авдеева, З.К. О некоторых принципах и подходах к построению коллективных когнитивных карт ситуаций / З.К. Авдеева, С.В. Коврига // Управление большими системами. Сборник трудов Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014, выпуск 52. – С. 37 – 68.
8. Kireev, V.S. Automatic Fuzzy Cognitive Map Building Online System / V.S. Kireev, I.S. Smirnov., V.S. Tyunyaakov // Procedia Computer Science. Volume 123. 2018. – P. 228–233.
9. Оськин, А.Ф. Моделирование социальных систем с помощью нечетких когнитивных карт / А.Ф. Оськин // Межнациональное согласие – социальный приоритет государственности: сборник трудов

Международной научно–практической конференции. – Владикавказ: Северо–Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, 2018. – С. 329–337.

10. Ефимов, В.В. Нейрокомпьютеры в космической технике / В.В. Ефимов, Г.И. Козырев, А.И. Лоскутов, и др. – Кн. 17. – М.: Радиотехника, 2004. – 320 с.

11. Kosko, Bart. Fuzzy engineering / Bart Kosko. – Prentice Hall, 1997 – 549 p.

Иванов Юрий Николаевич

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

Ишутин Иван Николаевич

Академия ФСО России
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

Войцеховский Антон Игоревич

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

Yu.N. IVANOV, N.V. DAVYDOVA, I.N. ICHOUTIN, A.I. VOYTSEKHOVSKIY

**NEUROSYNTHESIS OF THE IRREDUNDANT SYSTEM OF INDICATORS
QUALITIES OF MEANS AND COMPLEXES OF COMMUNICATION
IN INTERESTS FORECASTING OF THEIR TECHNOLOGICAL LEVEL**

Abstract. *The article presents 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: *quality, system of indicators, forecast, technological level, communication complexes, arms, military equipment.*

BIBLIOGRAPHY

1. Burenok, V.M. Teoriya i praktika planirovaniya i upravleniya razvitiyem vooruzheniya / V.M. Burenok, V.M. Lyapunov V.I. Mudrov. – М.: Izdatelskiy dom «Granitsa», 2005. – 520 s.

2. R 50–54–47–88. Rekomendatsii. Prognozirovaniye tekhnicheskogo urovnya produktsii mashinostroyeniya kak ob'yekta perspektivnoy standartizatsii. – VNIINMASH, g. Moskva – 1988 g.

3. Sovetov, B.YA. Intellekturnyye sistemy i tekhnologii: uchebnik dlya stud. uchrezhdeniy vyssh. prof. obrazovaniya / B.YA. Sovetov, V.V. Tsekhanovskiy, V.D. Chertovskoy. – М.: Izdatelskiy dom «Akademiya». 2013. – 320 s.

4. Shcherbakov, M.A. Iskusstvennyye neyronnyye seti. Konspekt lektsiy / M.A. Shcherbakov. – Penza: PGTU, 1996. – 45 s.

5. Parashchuk, I.B. Neyrosetevyye metody v zadachakh modelirovaniya i analiza effektivnosti funktsionirovaniya setey svyazi / I.B. Parashchuk, YU.N. Ivanov, P.G. Romanenko: uchebno–metodicheskoye posobiye – SPb: Voennoy akademiya svyazi, 2010. – 104 s.

6. Nazarov, A. V. Neyrosetevyye algoritmy prognozirovaniya i optimizatsii sistem / A.V. Nazarov, A.I. Loskutov. – SPb.: Nauka i Tekhnika, 2003. – 384 s.

7. Avdeyeva, Z.K. O nekotorykh printsipakh i podkhodakh k postroyeniyu kollektivnykh kognitivnykh kart situatsiy / Z.K. Avdeyeva, S.V. Kovriga // Upravleniye bolshimi sistemami. Sbornik trudov Instituta problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova RAN, 2014, vypusk 52. – S. 37 – 68.

8. Kireev, V.S. Automatic Fuzzy Cognitive Map Building Online System / V.S. Kireev, I.S. Smirnov., V.S. Tyunyakov // Procedia Computer Science. Volume 123. 2018. – P. 228–233.

9. Oskin, A.F. Modelirovaniye sotsialnykh sistem s pomoshchyu nechetkikh kognitivnykh kart / A.F. Oskin // Mezhnatsionalnoye soglasiye – sotsialnyy prioritet gosudarstvennosti: sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno–prakticheskoy konferentsii. – Vladikavkaz: Severo–Osetinskiy gosudarstvennyy universitet im. K.L. Khetagurova, 2018. – S. 329–337.

10. Yefimov, V.V. Neyrokompyutery v kosmicheskoy tekhnike / V.V. Yefimov, G.I. Kozyrev, A.I. Loskutov, i dr. – Кн. 17. – М.: Radiotekhnika, 2004. – 320 s.

11. Kosko, Bart. Fuzzy engineering / Bart Kosko. – Prentice Hall, 1997 – 549 p.

Ivanov Yuriy Nicolaevich

Academy FSO of Russia

Ichoutin Ivan Nicolaevich

Academy FSO of Russia

Ph.D, Staff,
302034, Orel, Priborostroitelnaya, 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, Priborostroitelnaya, 35
Ph. (4862)54–97–85
E–mail: metrolog@academ.msk.rsnet.ru

Staff,
302034, Orel, Priborostroitelnaya, 35
Ph. (4862)54–97–85
E–mail: metrolog@academ.msk.rsnet.ru

Voytsekhovskiy Anton Igorevich
Academy FSO of Russia
Ph.D, Staff,
302034, Orel, Priborostroitelnaya, 35
Ph. (4862)54–97–85
E–mail: metrolog@academ.msk.rsnet.ru

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

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

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

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

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

• Структура статьи:

УДК:

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

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

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

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

Текст статьи:

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

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

Фамилия, имя, отчество;

учреждение или организация;

ученая степень, ученое звание, должность;

адрес;

телефон;

электронная почта.

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

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

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

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

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

Плата за опубликование статей не взимается.

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

Адрес издателя:

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

Адрес редакции:

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

<http://oreluniver.ru>
E-mail: 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 30.04.2019 г.
Дата выхода в свет
Формат 60x88 1/8. Усл. печ. л. 8,938.
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