

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:

Тюхтя А.В. канд. техн. наук

Адрес редакции

302030, г. Орел, ул. Московская, 34

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

http://oreluniver.ru

E-mail: radsu@rambler.ru

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

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

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2019

Содержание

Теоретическая механика и ее приложения

Тукмаков Д.А. Теоретическое исследование релаксации интенсивности скачка давления на
фронте ударной волны в газозвеси 3

Механика деформируемого твердого тела, динамика и прочность

Малютин Д.М. Динамические характеристики управляемого гиросtabilизатора на
датчиках угловой скорости 12

Машиностроительные технологии и оборудование

Куцелан К.А. Методика определения оптимального способа размещения оборудования на
производственной площадке с целью минимизации транспортных издержек 27

Новиков А.Д., Тарапанов А.С., Селеменев М.Ф. Роль нанопокрывтий в повышении стойкости
метчиков 34

Бурилич И.Н., Тютюнов Д.Н., Студеникина Л.И., Панина Е.А. Один из вариантов решения
задач машиностроения при исследовании механических свойств металлических
конструкций 40

Муравьев А.А., Маркова Н.С., Грачева О.А. Техничко-экономические предпосылки
производства пластмассовых цилиндрических колес с круговым зубом методом
последнего наплавления (FDM) 47

Капырин К.И., Морев П.Г., Короткий Г.П., Сеин Д.А., Фомин М.А., Степанов Р.В. Численное
моделирование величины оптимального зазора при вырубке листового материала в ППП
«Штамп» 53

Барсуков Г.В., Кожус О.Г., Шманев С.А. Исследование механизма смешивания компонентов
абразивной смеси для гидроабразивного резания 61

Машиноведение и мехатроника

Фетисов А.С. Расчет магнитной цепи опоры скольжения, смазываемой
магнитореологическими жидкостями 69

Горин А.В., Токмаков Н.В., Швец Д.Д. Методы проектирования системы объемного
гидравлического привода машины для образования скважин в грунтах 75

Безмен П.А. Алгоритм фильтра калмана для комплексирования данных в системе
управления мобильным роботом 82

Савин Л.А., Комаров Н.В. Определение поля давления в гидростатодинамическом
подшипнике с аэрированной смазкой 88

Поляков Р.Н., Грищенко Н.Е. Мехатронная изоповерхность на базе параллельных
электрохимических приводов 96

Приборы, биотехнические системы и технологии

Ставцев Д.Д., Волков М.В., Маргарянц Н.Б., Потёмкин А.В., Дрёмин В.В., Маковик И.Н.,
Халичева Л.С., Мурадян В.Ф., Подмастерьев К.В., Дунаев А.В. Совместное применение
оптических методов для исследования параметров микрогемодинамики при
ревматических заболеваниях 102

Брянская Е.О., Маковик И.Н., Бибикина О.А., Дунаев А.В., Минз О., Забарилло У., Феликсбергер
Е., Артюшенко В.Г. Применение метода цифровой диафаноскопии для диагностики
воспалительных заболеваний околоносовых пазух 111

Сандуляк А.В., Сандуляк Д.А., Еришова В.А., Ткаченко Р.Ю., Сандуляк А.А., Полисмакова М.Н.
Магнитные характеристики «короткого» пористого магнетика: на примере засыпки
шаров 121

Контроль, диагностика, испытания и управление качеством

Рыбакова Н.В., Марков В.В., Петров С.П., Гаврилина В.А. Установка для
экспериментальных исследований и контроля волнового сопротивления электрических
соединителей 134

Петров С.П., Подмастерьев К.В., Никитенко О.С., Коницев М.И., Коробко В.И. Контроль и
оптимизация режимов работы абонентского ввода комбинированной системы
теплоснабжения 142

Кузичкин О.Р., Романов Р.В., Греченева А.В., Дорофеев Н.В., Коськин А.В., Еременко В.Т.
Применение фазометрического метода инклинометрического контроля в системе
геотехнического мониторинга сооружений 150

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

- Tukmakov D.A. Theoretical study of the intensity relaxation of the pressure jump on the front of a shock wave in a gas suspension 3

Mechanics of deformable solids, dynamics and strength

- Malyutin D.M. Dynamic characteristics of the controlled gyro stabilizer on the sensors of angular velocity 12

Machine-building technologies and equipment

- Kutselap K.A. Technique of definition of the optimum way of placement of the equipment on the production site for the purpose of minimization of transport expenses 27
- Novikov A.D., Taraparov A.S., Selemenov M.F. The role of nano-coatings in increase of test 34
- Burilich I.N., Tyutyunov D.N., Studenikina L.I., Panina E.A. One of the solutions to machinery problems through studies of mechanical characteristics of metal structures 40
- Muravev A.A., Markova N.S., Gracheva O.A. Technical and economic preconditions manufacturing plastic cylindrical wheels with circular tooth by technology FDM 47
- Kapryin K.I., Morev P.G., Korotkiy G.P., Sein D.A., Fomin M.A., Stepanov R.V. Numerical modeling of the value of optimal clearance when cutting the sheet material in PPP «Stamp» 53
- Barsukov G.V., Kojus O.G., Shmanev S.A. Studying the mechanism of mixing components of abrasive mixture for hydroabrasive cutting 61

Machine Science and Mechatronics

- Fetisov A.S. Calculation of the magnetic circuit of the sliding bearing, lubricated with magnetorheological fluids 69
- Gorin A.V., Tokmakov N.V., Shvets D.D. Methods of designing the system of volume hydraulic drive of the machine for wells for grounding 75
- Bezmen P.A. The kalman filter algorithm for data fusion of a mobile robot control system 82
- Savin L.A., Komarov N.V. Determination of the pressure field in the hydrostatodynamic bearing aerated lubricant 88
- Polyakov R.N., Grishchenko N.E. Mechatronic isoproof on the base of parallel electromechanical drives 96

Devices, biotechnical systems and technologies

- Stavtsev D.D., Volkov M.V., Margaryants N.B., Potemkin A.V., Dremine V.V., Makovik I.N., Khakhicheva L.S., Muradyan V.F., Podmasteryev K.V., Dunaev A.V. Combined use of optical methods for the investigation of the parameters of microhemodynamics in rheumatic diseases 102
- Bryanskaya E.O., Makovik I.N., Bibikova O.A., Dunaev A.V., Minet O., Zabarylo U., Feliksberger E., Artyushenko V.G. Application of the method of digital diafanoscopy for the diagnostics of inflammatory diseases of the paranasal sinus 111
- Sandulyak A.V., Sandulyak D.A., Ershova V.A., Tkachenko R.Y., Sandulyak A.A., Polismakova M.N. Magnetic characteristics of «short» porous magnetic: by the example of filling of spheres 121

Monitoring, Diagnostics, Testing and Quality Management

- Rybakova N.V., Markov V.V., Petrov S.P., Gavrilina V.A. Installation for experimental research and monitoring of the characteristic impedance of electrical connectors 134
- Petrov S.P., Podmasteryev K.V., Nikitenko O.S., Konishev M.I., Korobko V.I. Control and optimization of operating modes of the subscriber input the combined heat supply system 142
- Kuzichkin O.R., Romanov R.V., Grecheneva A.V., Dorofeev N.V., Koskin A.V., Eremenko V.T. Application of the phasometric method of inclinometric monitoring in the system of geotechnical monitoring of constructions 150

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

УДК: 533.2, 51-72

Д.А. ТУКМАКОВ

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ СКАЧКА ДАВЛЕНИЯ НА ФРОНТЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ В ГАЗОВЗВЕСИ

Аннотация. Получено численное решение, описывающее начальный этап движения ударной волны по газовозвеси с высокой средней плотностью дисперсной фазы. При моделировании динамики двухфазной смеси использовалась система уравнений движения двухтемпературной двухскоростной монодисперсной газовозвеси без фазовых переходов и коагуляции. Движение несущей среды описывалось системой уравнений динамики вязкого, сжимаемого, теплопроводного газа. Математическая модель учитывала межфазное силовое взаимодействие и межфазный теплообмен. Уравнения математической модели решались явным методом Мак-Кормака со схемой коррекции, примененной к сеточной функции для получения монотонного численного решения. Численно изучался процесс движения прямого скачка уплотнения по запылённой среде. Исследовалось влияние плотности материала частиц, объёмного содержания твёрдой фазы и размера дисперсных включений на процесс релаксации давления в запылённой среде.

Ключевые слова: двухскоростная двухтемпературная монодисперсная газовозвесь, распад разрыва, уравнения Навье-Стокса, явная схема Мак-Кормака, схема нелинейной коррекции, межфазное взаимодействие

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нигматулин, Р.И. Динамика многофазных сред./Р.И. Нигматулин Ч.1 Наука, 1987.-464с.
2. Губайдуллин, А.А. Модифицированный метод «крупных частиц» для расчета нестационарных волновых процессов в многофазных дисперсных средах. // А.А. Губайдуллин, А.А., А.И. Ивандаев, Р.И. Нигматуллин /ЖВМ и МФ. 1977 Т.17, №6. С. 1531-1544.
3. Ивандаев, А.И. Газовая динамика многофазных сред. Ударные и детонационные волны в газовозвесах // А.И. Ивандаев, А.Г. Кутушев, Р.И. Нигматулин /Итоги науки и техники. Сер. Механика жидкости и газа.- М.: ВИНТИ АН СССР, 1981. Т.16
4. Казаков, Ю.В. Расчет разлета сжатого объема газовозвеси // Ю.В. Казаков, А.В. Федоров, В.М. Фомин / ПМТФ №5, 1987. С.139-144.
5. Гельфанд, Б.Е. Разлет сжатой стратифицированной газопылевой системы //Б.Е. Гельфанд, Ю.В. Казаков, С.П. Медведев, А.Н. Поленов, А.В. Федоров, В.М. Фомин / Численные методы решения задач фильтрации многофазной несжимаемой жидкости: сб. науч. тр. - Новосибирск, 1987. - С.88-98.
6. Гельфанд, Б.Е. Ударные волны при разлете сжатого объема газовозвеси твёрдых частиц// Б.Е. Гельфанд, А.В. Губанов, Е.И. Медведев, С.А. Цыганов/ДАН СССР. 1985, Т.281, №5-С.1113-1116.
7. Hishida M. Fundamentals of rotating detonations// M. Hishida, T. Fujiwara, P. Wolanski / Shock Waves - 2009- Volume 19, Issue 1- p. 1–10.
8. Веревкин, А.А. Течение дисперсной примеси в сопле Лаваля и рабочей секции двухфазной гиперзвуковой ударной трубы // А.А. Веревкин, Ю.М. Циркунов/ Прикладная механика и техническая физика. 2008. Т. 49. № 5 (291). С. 102–113.
9. Кутушев, А.Г. Математическое моделирование волновых процессов в аэродисперсных и порошкообразных средах/ А.Г. Кутушев Санкт- Петербург: Недра, 2003.
10. Селберг, Б. Коэффициент лобового сопротивления сферических частиц небольшого размера// Б.Селберг, Д. Николлс / Ракетная техника и космонавтика. 1968. №3. С.22-31.
11. Баженова, Т.В. Ударные волны в реальных газах. / Т.В. Баженова, Л.Г. Гвоздева, Набоко И.М. Изд-во “Наука”, 1968.
12. Fletcher, C.A., Computation Techniques for Fluid Dynamics/ C.A. Fletcher Springer-Verlang, Berlin, 1988.
13. Музафаров, И.Ф. Применение компактных разностных схем к исследованию нестационарных течений сжимаемого газа.// Музафаров И.Ф., С.В. Утюжников/Математическое моделирование, 1993, Т.5 №3, С. 74-83.
14. Тукмаков, Д.А. Решение задач о распаде разрыва и формировании ударной волны на поршне при помощи неявной конечно-разностной схемы// Д.А. Тукмаков / Материалы научной конференции «Лобачевские чтения- 2011». Казань: Издательство Казанского математического общества, 2011. Т. 44. С. 119- 120.
15. Тукмаков, А.Л. Процесс осаждения заряженной полидисперсной газовозвеси на поверхность

пластины в электрическом поле //А.Л. Тукмаков, Н.Ф. Кашапов, Д.А. Тукмаков, М.Г. Фазлыяхматов/Теплофизика высоких температур, 2018, том 56, выпуск 4, с.498–502.

16. Губайдуллин, Д.А. Численное моделирование динамики волновых систем на основе явной схемы Мак-Кормака //Д.А. Губайдуллин, Д.А. Тукмаков / Проблемы энергетики, 2012. № 5-6. С. 3 - 10.

17. Нигматулин, Р.И. Ударно-волновой разлет газозвесей // Р.И. Нигматулин, Д.А. Губайдуллин, Д.А. Тукмаков /Доклады академии наук, 2016, том 466, № 4, с. 418–421.

Тукмаков Дмитрий Алексеевич

Институт механики и машиностроения - обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук».

кандидат физико-математических наук, научный сотрудник

420111, г. Казань, ул. Лобачевского, д. 2/31

Тел.: (843)292-76-14

e-mail: tukmakovDA@imm.knc.ru

D.A. TUKMAKOV

**THEORETICAL STUDY OF THE INTENSITY RELAXATION
OF THE PRESSURE JUMP ON THE FRONT OF A SHOCK WAVE
IN A GAS SUSPENSION**

Abstract. *A numerical solution is obtained that describes the initial stage of the motion of a shock wave through a gas suspension with a high average density of the dispersed phase. When modeling the dynamics of a two-phase mixture, a system of equations of motion of a two-temperature two-velocity monodisperse gas suspension without phase transitions and coagulation was used. The motion of the carrier medium was described by the system of equations of the dynamics of a viscous, compressible, heat-conducting gas. The mathematical model took into account the interfacial interaction and interfacial heat transfer. The equations of the mathematical model were solved by the explicit MacCormack method with a correction scheme applied to the grid function to obtain a monotone numerical solution. The process of the motion of a direct shock wave in a dusty medium was studied numerically. The effect of the density of the material of the particles, the volume content of the solid phase, and the size of dispersed inclusions on the pressure relaxation process in a dusty medium was studied.*

Keywords: *two-speed two-temperature monodisperse gas suspension, discontinuity decay, Navier-Stokes equations, explicit McCormack scheme, nonlinear correction scheme, interfacial interaction.*

BIBLIOGRAPHY

1. Nigmatulin, R.I. *Dinamika mnogofaznyh sred.*/R.I. Nigmatulin CH.1 Nauka, 1987.-464s.
2. Gubajdullin, A.A. *Modificirovannyj metod «krupnyh chastic» dlya rascheta nestacionarnykh volnovykh processov v mnogofaznykh dispersnykh sredah.* // A.A. Gubajdullin, A.A., A.I. Ivandaev, R.I. Nigmatullin /ZHVM i MF. 1977 T.17, №6. S. 1531-1544.
3. Ivandaev, A.I. *Gazovaya dinamika mnogofaznyh sred. Udarnye i detonacionnye volny v gazovzvesyakh* // A.I. Ivandaev, A.G. Kutushev, R.I. Nigmatulin /Itogi nauki i tekhniki. Ser. Mekhanika zhidkosti i gaza.- M.: VINITI AN SSSR, 1981. T.16
4. Kazakov, YU.V. *Raschet razleta szhatogo ob»ema gazovzvеси* // YU.V. Kazakov, A.V. Fedorov, V.M. Fomin / PMTF №5,1987. S.139-144.
5. Gelfand, B.E. *Razlet szhatoy stratificirovannoy gazopylevoj sistemy* //B.E. Gelfand, YU.V. Kazakov, S.P. Medvedev, A.N. Polenov, A.V. Fedorov, V.M. Fomin / CHislennyye metody resheniya zadach filtratsii mnogofaznoj neszchimaemoj zhidkosti: sb. nauch. tr. - Novosibirsk, 1987. - S.88-98.
6. Gelfand, B.E. *Udarnye volny pri razlete szhatogo ob»ema gazovzvеси tvorydykh chastic*// B.E. Gelfand, A.V. Gubanov, E.I. Medvedev, S.A. Cyganov/DAN SSSR. 1985, T.281, №5-S.1113-1116.
7. Hishida M. *Fundamentals of rotating detonations*// M. Hishida, T. Fujiwara, P. Wolanski / Shock Waves - 2009- Volume 19, Issue 1- p. 1–10.
8. Verevkin, A.A. *Techenie dispersnoj primesi v sople Lavalya i rabochej sekcii dvuhfaznoj giperzvukovoy udarnoy truby* // A.A. Verevkin, YU.M. Cirkunov/ Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika. 2008. T. 49.№ 5 (291). S. 102–113.
9. Kutushev, A.G. *Matematicheskoe modelirovanie volnovykh processov v aerodispersnykh i poroshkoobraznykh sredah*/ A.G. Kutushev Sankt- Peterburg: Nedra, 2003.
10. Selberg, B. *Koefficient lobovogo soprotivleniya sfericheskikh chastic nebolshogo razmera*// B.Selberg, D. Nikolls / Raketnaya tekhnika i kosmonavtika. 1968. №3. S.22-31.

11. Bazhenova, T.V. Udarnye volny v realnyh gazah. / T.V. Bazhenova, L.G. Gvozdeva, Naboko I.M. Izd-vo "Nauka", 1968.
12. Fletcher, C.A., Computation Techniques for Fluid Dynamics/ C.A. Fletcher Springer-Verlag, Berlin, 1988.
13. Muzafarov, I.F. Primenenie kompaktnykh raznostnykh skhem k is-sledovaniyu nestacionarnykh techenij szhimaemogo gaza.// Muzafarov I.F., S.V. Utyuzhnikov/Matematicheskoe modelirovanie, 1993, T.5 №3, S. 74-83.
14. Tukmakov, D.A. Reshenie zadach o raspade razryva i formirovanii udarnoj volny na porshne pri pomoshchi neyavnoj konechno-raznostnoj skhemy// D.A. Tukmakov / Materialy nauchnoj konferencii «Lobachevskie chteniya- 2011». Kazan: Izdatelstvo Kazanskogo matematicheskogo obshchestva, 2011. T. 44. S. 119- 120.
15. Tukmakov, A.L. Process osazhdeniya zaryazhennoj polidispersnoj gazovzvesi na poverhnost plastiny v elektricheskom pole //A.L. Tukmakov, N.F. Kashapov, D.A. Tukmakov, M.G. Fazlyjyahmatov/Teplofizika vysokih temperatur, 2018, tom 56, vypusk 4, s.498–502.
16. Gubajdullin, D.A. CHislennoe modelirovanie dinamiki volnovykh sistem na osnove yavnoj skhemy Mak-Kormaka //D.A. Gubajdullin, D.A. Tukmakov / Problemy energetiki, 2012. № 5-6. S. 3 - 10.
17. Nigmatulin, R.I. Udarno-volnovoj razlet gazovzvesej // R.I. Nigmatulin, D.A. Gubajdullin, D.A. Tukmakov /Doklady akademii nauk, 2016, tom 466, № 4, s. 418–421.

Tukmakov Dmitry Alekseevich

The Institute of Mechanics and Mechanical Engineering is a separate structural subdivision of the Federal State Budgetary Institution of Science "Federal Research Center Kazan Research Center of the Russian Academy of Sciences".

science degree: candidate of physical and mathematical sciences; researcher

420111, Kazan, st. Lobachevsky, h. 2/31

Phone: (843) 292-76-14

e-mail: tukmakovDA@imm.knc.ru

МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА, ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ

УДК 531.383

Д.М. МАЛЮТИН

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УПРАВЛЯЕМОГО ГИРОСТАБИЛИЗАТОРА НА ДАТЧИКАХ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ

Аннотация. Приведены математическое описание и динамические характеристики управляемого гиросtabilизатора на датчиках угловой скорости при различных схемных решениях построения контуров управления.

Ключевые слова: гироскоп, датчик угловой скорости, гиросtabilизатор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малиутин, Д.М. Комбинированная двухосная гировертикаль / Д.М. Малиутин // Авиакосмическое приборостроение. № 3. 2005. С. 6-10.
2. Пельпор, Д.С. Расчёт и проектирование гироскопических стабилизаторов / Д.С. Пельпор, Ю.А. Колосов, Е.Р. Рахтеенко. – М.: Машиностроение, 1972. - 325 с.
3. Распопов, В.Я. Инерциальные датчики и системы ориентации, стабилизации и навигации / В.Я. Распопов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. №5 (295). 2012. С. 125-135.
4. Бессекаерский, В.А. Теория систем автоматического управления / В.А. Бессекаерский, Е.П. Попов. - С-П.: Профессия., 2004. -752с.
5. Грязев, Б.В. О повышении точности гироскопической системы стабилизации и наведения линии визирования / Б.В. Грязев, Д.М. Малиутин, В.В. Савельев, В.А. Смирнов // X Санкт-Петербургская конференция по интегрированным навигационным системам. СПб: ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электрон». 2003 г. С.189-191.
6. Распопов, В.Я. Индикаторные гиросtabilизаторы / В.Я. Распопов // Справочник инженерный журнал с приложением. 2016. №11. с.1-20.
7. Илларионов, В.А. Особенности реализации преобразования координат в трехосном гиросtabilизаторе / Илларионов В.А., Никифоров В.М. // В сборнике: Сборник материалов 22 Санкт-Петербургской международной конференции по интегрированным навигационным системам. Главный редактор В.Г. Пешехонов. 2015. С.240-243.
8. Родионов, В.И. Опыт разработки управляемых гиросtabilизаторов / В.И. Родионов // Датчики и системы. 2006. №7. С.51-56.
9. Пономарев, В.К. Синтез регулятора гиросtabilизатора по заданным требованиям к статическим и динамическим ошибкам / Пономарев В.К. Газарян И.Р. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. № 9-2. С.79-88.

10. Малютин Д.М. Управляемый гиросtabilизатор повышенной точности на микромеханических чувствительных элементах / Д.М. Малютин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2018. №6. С.326-339.

Малютин Дмитрий Михайлович

ФГБОУ ВО Тульский государственный университет

Кандидат технических наук, доцент, профессор

г. Тула., пр. Ленина 92

89105511329

Malyutindm@yandex.ru

D.M. MALYUTIN

DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE CONTROLLED GYROSTABILIZER ON THE SENSORS OF ANGULAR VELOCITY

Abstract. *Mathematical description and dynamic characteristics of a controlled gyrostabilizer on sensors of angular velocity with various circuit solutions for constructing control loops are given.*

Keywords: *gyroscope, angular velocity sensor, gyrostabilizer.*

BYBLIOGRAPHY

1. Malyutin, D.M. Kombinirovannaya dvukhosnaya girovertikal / D.M. Malyutin // Aviakosmicheskoye priborostroyeniye. № 3. 2005. S. 6-10.
2. Pelpor, D.S. Raschot i proyektirovaniye giroskopicheskikh stabilizatorov / D.S. Pelpor, YU.A. Kolosov, Ye.R. Rakhteyenko. – M.: Mashinostroyeniye, 1972. - 325 s.
3. Raspopov, V.YA. Inertsialnyye datchiki i sistemy oriyentatsii, stabilizatsii i navigatsii / V.YA. Raspopov // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. №5 (295). 2012. S. 125-135.
4. Bessekerskiy, V.A. Teoriya sistem avtomaticheskogo upravleniya / V.A. Bessekerskiy, Ye.P. Popov. - S-P.: Professiya., 2004. -752s.
5. Gryazev, B.V. O povyshenii tochnosti giroskopicheskoy sistemy stabilizatsii i navedeniya linii vizirovaniya / B.V. Gryazev, D.M. Malyutin, V.V. Savelyev, V.A. Smirnov // X Sankt-Peterburgskaya konferentsiya po integrirovannym navigatsionnym sistemam. SPb: OAO «Kontsern «TSNII «Elektropribor». 2003 g. S.189-191.
6. Raspopov, V.YA. Indikatornyye girostabilizatory / V.YA. Raspopov // Spravochnik inzhenernyy zhurnal s prilozheniyem. 2016. №11. s.1-20.
7. Illarionov, V.A. Osobennosti realizatsii preobrazovaniya koordinat v trekhosnom girostabilizatore / Illarionov V.A., Nikiforov V.M. // V sbornike: Sbornik materialov 22 Sankt-Peterburgskoy mezhdunarodnoy konferentsii po integrirovannym navigatsionnym sistemam. Glavnyy redaktor V.G. Peshekhonov. 2015. S.240-243.
8. Rodionov, V.I. Opyt razrabotki upravlyayemykh girostabilizatorov / V.I. Rodionov // Datchiki i sistemy. 2006. №7. S.51-56.
9. Ponomarev, V.K. Sintez regulyatora girostabilizatora po zadannym trebovaniyam k staticheskim i dinamicheskim oshibkam / Ponomarev V.K. Gazaryan I.R. // Izvestiya Tulskego gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskkiye nauki. 2017. № 9-2. S.79-88.
10. Malyutin D.M. Upravlyayemyy girostabilizator povyshennoy tochnosti na mikromekhanicheskikh chuvstvitelnykh elementakh / D.M. Malyutin // Izvestiya Tulskego gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskkiye nauki. 2018. №6. S.326-339.

Malyutin Dmitriy Mikhailovich

Tula State University,

candidate of texnical science, docent, professor,

Tula, Lenina 92, 89105511320,

Malyutindm@yandex.ru

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 658.512.6

К.А. КУЦЕЛАП

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА
РАЗМЕЩЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ
ПЛОЩАДКЕ С ЦЕЛЬЮ МИНИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ
ИЗДЕРЖЕК**

Аннотация. В статье рассматривается вопрос выбора оптимальной расстановки оборудования на производственном участке. Показано, что существующий на сегодня метод, предлагающий сводить выбор расстановки к решению квадратичной задачи о назначениях, не может быть корректно применен в тех случаях, когда есть возможность выполнять одну и ту же операцию на различном оборудовании. Предложена методика нахождения наилучшего варианта размещения оборудования для такого случая. Для сравнения перестановок оборудования между собой используется нижняя оценка величины грузопотока, так как невозможно однозначно вычислить грузопоток, если неизвестно распределение технологических операций между оборудованием. Вычисление нижней оценки производится с помощью построения специального графа для каждого технологического маршрута и применения методов линейного программирования. Для сокращения полного перебора всех возможных перестановок оборудования используется эвристический алгоритм – метод отжига.

Ключевые слова: оптимальная расстановка оборудования, комбинаторная оптимизация, грузопоток производственной системы, метод отжига, линейное программирование, размещение оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вороненко, В.П. Организация оперативно-календарного планирования на этапах ТПП многономенклатурного производства с учетом его текущего состояния / В.П. Вороненко, М.И. Седых, А.Д. Шашин // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2018. № 3(46). С. 8-12.
2. Соколова, Я.В. Методика размещения оборудования на производственных участках машиностроительных производств методом «муравьиных колоний» / Я.В. Соколова // Технология машиностроения. – 2013. – №4. С. 65– 68.
3. Тютюкин, В.К. Оптимальная расстановка оборудования в многопредметном производстве / В.К. Тютюкин // Вестник СПбГУ. – 2003. – сер.5 выпуск №4 (№29)С. 86-102.
4. Кутин, А.А. Модель расстановки оборудования в условиях построения производственных ячеек замкнутого цикла / А.А. Кутин, М.В. Туркин // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2011. – №4(16). - С. 11-14.
5. Долгов, В.А. Повышение эффективности многономенклатурного машиностроительного производства путем адаптации работ технологического процесса к текущему состоянию технологической системы / В.А. Долгов // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2011. № 3. С. 83-87.
6. Назарова, М.В. Разработка программы автоматизированного расчета экономической эффективности установки ткацкого оборудования на текстильных предприятиях / М.В. Назарова, В.Ю. Романов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2018. № 2 (374). С. 133-136.
7. Сатановский, Р.Л. Моделирование эффективной организации производства с учетом компромисса и консенсуса / Р.Л. Сатановский, Д. Элект // Организатор производства. 2018. Т. 26. № 2. С. 7-16.
8. Плотников, П.В. Подход к решению задачи размещения в трехмерном пространстве методами тропической оптимизации / П.В. Плотников // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2018. Т. 8. № 1 (26). С. 6-13.
9. Ким, Е.Р. Моделирование распределения и размещения ресурсов оборудования в производственных системах / Е.Р. Ким, Д.Н. Шукаев, Ж.Б. Ламашева // Фундаментальные исследования. 2016. № 10-1. С. 48-52.

Куцелап Кирилл Александрович
ФГБОУ МГТУ «СТАНКИН», г. Москва
аспирант, кафедра «Технология машиностроения»
127055, г. Москва, Вадковский переулок, дом 1
Тел: 8-916-714-05-83
E-mail: kirill.kucelap@mail.ru

K.A. KUTSELAP

TECHNIQUE OF DEFINITION OF THE OPTIMUM WAY OF PLACEMENT OF THE EQUIPMENT ON THE PRODUCTION SITE FOR THE PURPOSE OF MINIMIZATION OF TRANSPORT EXPENSES

Abstract. In article the question of the choice of optimum arrangement of the equipment on the production site is considered. It is shown that the method existing for today suggesting to reduce the choice of arrangement to the solution of a square task on appointments cannot be correctly applied when there is an opportunity to carry out the same operation on various equipment. The technique of finding of the best option of placement of the equipment for such a case is offered. For comparison of shifts of the equipment the lower assessment of size of free traffic as it is impossible to calculate unambiguously free traffic is among themselves used if distribution of technological operations between the equipment is unknown. Calculation of the lower assessment is made by means of creation of the special

graph for each technological route and application of methods of linear programming. For reduction of full search of all possible shifts of the equipment use the heuristic algorithm – an annealing.

Keywords: optimum arrangement of the equipment, combinatory optimization, freight traffic of a production system, annealing method, linear programming, placement of the equipment.

BIBLIOGRAPHY

1. Voronenko, V.P. Organizatsiya operativno-kalendarnogo planirovaniya na etapakh TPP mnogonomenklaturnogo proizvodstva s uchetoм yego tekushchego sostoyaniya / V.P. Voronenko, M.I. Sedykh, A.D. Shashin // Vestnik MGTU «STANKIN». – 2018. № 3(46). S. 8-12.
2. Sokolova, YA.V. Metodika razmeshcheniya oborudovaniya na proizvodstvennykh uchastkakh mashinostroitelnykh proizvodstv metodom «muravinykh koloniy» / YA.V. Sokolova // Tekhnologiya mashinostroyeniya. – 2013. – №4. S. 65–68.
3. Tyutyukin, V.K. Optimalnaya rasstanovka oborudovaniya v mnogopredmetnom proizvodstve / V.K. Tyutyukin // Vestnik SPbGU. – 2003. – ser.5 vypusk №4 (№29)S. 86-102.
4. Kutin, A.A. Model rasstanovki oborudovaniya v usloviyakh postroyeniya proizvodstvennykh yacheyek zamknutogo tsikla / A.A. Kutin, M.V. Turkin // Vestnik MGTU «STANKIN». – 2011. – №4(16). - S. 11-14.
5. Dolgov, V.A. Povysheniye effektivnosti mnogonomenklaturnogo mashinostroitel'nogo proizvodstva putem adaptatsii rabot tekhnologicheskogo protsessa k tekushchemu sostoyaniyu tekhnologicheskoy sistemy / V.A. Dolgov // Vestnik MGTU «STANKIN». – 2011. № 3. S. 83-87.
6. Nazarova, M.V. Razrabotka programmy avtomatizirovannogo rascheta ekonomicheskoy effektivnosti ustanovki tkatskogo oborudovaniya na tekstilnykh predpriyatiyakh / M.V. Nazarova, V.YU. Romanov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti. 2018. № 2 (374). S. 133-136.
7. Satanovskiy, R.L. Modelirovaniye effektivnoy organizatsii proizvodstva s uchetoм kompromissa i konsensusa / R.L. Satanovskiy, D. Elent // Organizator proizvodstva. 2018. T. 26. № 2. S. 7-16.
8. Plotnikov, P.V. Podkhod k resheniyu zadachi razmeshcheniya v trekhmernom prostranstve metodami tropicheskoy optimizatsii / P.V. Plotnikov // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravleniye, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoye priborostroyeniye. 2018. T. 8. № 1 (26). S. 6-13.
9. Kim, Ye.R. Modelirovaniye raspredeleniya i razmeshcheniya resursov oborudovaniya v proizvodstvennykh sistemakh / Ye.R. Kim, D.N. Shukayev, ZH.B. Lamasheva // Fundamentalnyye issledovaniya. 2016. № 10-1. S. 48-52.

Kutselap Kirill Aleksandrovich

FSFEI HE MSTU «STANKIN», Moscow

graduate student, department «Technology of mechanical engineering»

127055, Moscow, Vadkovskiy pereulok, 1

Ph: 8-916-714-05-83

E-mail: kirill.kucelap@mail.ru

УДК 621.9

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

РОЛЬ НАНОПОКРЫТИЙ В ПОВЫШЕНИИ СТОЙКОСТИ МЕТЧИКОВ

Аннотация. Статья посвящена применению нанопокровтий инструмента при резьбонарезании. Показано, что эпиламирование является быстроразвивающимся направлением для повышения эффективности эксплуатации режущего инструмента. Для проведения эксперимента был выбран эпилам Эфрен. Для изучения влияния нанопленок на процесс теплообразования и установления изменения контактных напряжений было произведено сравнение эпиламированного и неэпиламированного инструмента при различных режимах обработки. Было установлено, что применение покрытий эпилама при одинаковых режимах обработки позволяет существенно снизить максимальную температуру резания. При повышении скорости резания до предельных величин (около 30 м/мин) температура контактных поверхностей инструмента составила менее половины температуры тепловой деструкции пленки эпилама.

Ключевые слова: износ, эпиламы, резьбонарезание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резников, А.Н. Тепловые процессы в технологических системах. Учебник для вузов по специальностям «Технология машиностроения» и «Металлорежущие станки и инструменты» / А.Н. Резников, Л.А. Резников. - М.: Машиностроение. 1990. С. 288: ил.
2. Потеха, В.Л. Теоретико-экспериментальная оценка оптимальных условий эксплуатации эпиламированных трибосопряжений машин / В.Л. Потеха, А.В. Рогачев, И.С. Напеев // Трение и износ. – 1996. – Т. 17, № 6. – С. 764–768.
3. Киричек, А.В. Исследование напряженно-деформированного состояния резьбонакатного

инструмента и заготовки методом конечных элементов / А.В. Киричек, А.Н. Афонин // СТИН. – 2007. – № 7. – С. 21 – 25.

4. Древал, А.Е. Критерии оптимального износа машинных метчиков / А.Е. Древал, А.В. Литвиненко // ИВУЗ. – 2012. – № 1. – С. 60 – 66.

5. Киричек, А.В. Эпиламирование – нанотехнология для повышения эффективности механической обработки. / А.В. Киричек, Е.А. Звягина // Справочник. Инженерный журнал №2. 2007. С.15-18.

6. Новиков, А.Д. Анализ формообразования внутренних профилей с помощью компьютерного моделирования / А.Д. Новиков, М.Ф. Селеменев, Л.Ю. Фроленкова, А.С. Тарапанов // Материалы международного научного симпозиума технологов-машиностроителей (Ростов-на-Дону, 26-28 сент. 2018). – 2018. – С. 123 – 126.

7. Новиков, А.Д. Повышение энергоэффективности резбонарезания при нанопокрытии рабочих поверхностей метчиков / А.Д. Новиков, М.Ф. Селеменев, К.Ф. Селеменев // XVI Международная научно-практическая конференция « ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ - XXI ВЕК »). – 2018.

Новиков Александр Дмитриевич
ОГУ имени И.С. Тургенева, г.Орел
Аспирант кафедры
«Машиностроения»
302026, г. Орел, ул.
Комсомольская, 95
E-mail: sasha.waw@mail.ru

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

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

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

THE ROLE OF NANO-COATINGS IN INCREASE OF TEST

Abstract. *The article is devoted to the application of nano-coating of the tool when threading. It is shown that epilamination is the fastest growing sector to improve the efficiency of operation of the cutting tool. For the experiment were chosen epilam Efren. To study the effect of nanocoating on the process of heat generation and establishing of change of the contact stresses was performed comparing epilamination and noepilamination tool at different machining modes. It was found that the use of epilam coatings at the same processing conditions can significantly reduce the maximum cutting temperature. With an increase in the cutting speed to the limit values (about 30 m/min), the temperature of the contact surfaces of the tool was less than half the temperature of the thermal destruction of the epilam film (450 °C).*

Keywords: wear, screw-thread, nanocoating.

BIBLIOGRAPHY

1. Reznikov, A.N. Teplovyye protsessy v tekhnologicheskikh sistemakh. Uchebnik dlya vuzov po spetsialnostyam «Tekhnologiya mashinostroyeniya» i «Metallorazhresheniye stanki i instrumenty» / A.N. Reznikov, L.A. Reznikov. - M.: Mashinostroyeniye. 1990. S. 288: il.

2. Potekha, V.L. Teoretiko-eksperimentalnaya otsenka optimalnykh usloviy ekspluatatsii epilamirovannykh tribosopryazheniy mashin / V.L. Potekha, A.V. Rogachev, I.S. Napreyev // Treniye i iznos. – 1996. – Т. 17, № 6. – С. 764–768.

3. Kirichek, A.V. Issledovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya rezbonakatnogo instrumenta i zagotovki metodom konechnykh elementov / A.V. Kirichek, A.N. Afonin // STIN. – 2007. – № 7. – С. 21 – 25.

4. Dreval, A.Ye. Kriterii optimalnogo iznosa mashinnykh metchikov / A.Ye. Dreval, A.V. Litvinenko // IVUZ. – 2012. – № 1. – С. 60 – 66.

5. Kirichek, A.V. Epilamirovaniye – nanotekhnologiya dlya povysheniya effektivnosti mekhanicheskoy obrabotki. / A.V. Kirichek, Ye.A. Zvyagina // Spravochnik. Inzhenernyy zhurnal №2. 2007. S.15-18.

6. Novikov, A.D. Analiz formoobrazovaniya vnutrennikh profiley s pomoshchyu kompyuternogo modelirovaniya / A.D. Novikov, M.F. Selemenев, L.YU. Frolenkova, A.S. Tarapanov // Materialy mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma tekhnologov-mashinostroyiteley (Rostov-na-Donu, 26-28 sent. 2018). – 2018. – С. 123 – 126.

7. Novikov, A.D. Povysheniye energoeffektivnosti rezbonarezaniya pri nanopokrytii rabochikh poverkhnostey metchikov / A.D. Novikov, M.F. Selemenев, K.F. Selemenев // XVI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya « ENERGO- I RESURSOSBEREZHENIYE - XXI VEK »). – 2018.

Novikov Aleksandr Dmitriyevich
Orel State University named after I.S.
Turgenev
Post-graduate of the Department
Machine Building
302026, Orel, St. Komsomolskaya, 95

Tarapanov Aleksandr Sergeevich
Orel State University named after I.S.
Turgenev
Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department Machine
Building

Selemenев Mikhail Fedorovich
Orel State University named after I.S.
Turgenev
Candidate of Technical Sciences,
Docent of the Department Machine
Building

УДК 621.81

И.Н. БУРИЛИЧ, Д.Н. ТЮТЮНОВ, Л.И. СТУДЕНИКИНА, Е.А. ПАНИНА

ОДИН ИЗ ВАРИАНТОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАШИНОСТРОЕНИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. В статье представлены результаты теоретических исследований с помощью дифференциального уравнения Риккати в задачах машиностроения. Дано описание математической модели и определены возможные варианты экспериментальных зависимостей при исследовании машиностроительных конструкций. Приведена графическая иллюстрация полученной зависимости.

Ключевые слова: задачи машиностроения, дифференциальное уравнение Риккати, уровни нагруженности и деформирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Флетчер, К. Численные методы на основе метода Галеркина / К. Флетчер. М.: Мир, 1988. 352 -с.
2. Матвеев, Н.М. Сборник задач и упражнений по обыкновенным дифференциальным уравнениям: Для вузов. – 6-е изд., испр. и доп. / Н.М. Матвеев. – Мн., 1987. – 319 с.
3. Broms, C.E. Punching of flat plates – a question of concrete properties in biaxial compression and size effect [Продавливание плоских плит - к вопросу о свойствах бетона при двухосном сжатии и масштабном эффекте] / C.E. Broms, // ACI Structural Journal. 1990. Vol. 87. No. 3. Pp. 292-304.
4. Susanto, T. Punching shear strength of slabs with openings and supported on rectangular columns [Прочность на продавливание плит с отверстиями и опиранием на прямоугольные колонны] / T. Susanto, H.K. Cheong, K.L. Kuang, J.Z. Geng // ACI Structural Journal, 2004. Vol. 101. No. 5. Pp. 678-687.
5. Управление системой многоконтурного теплоснабжения зданий при зависимом подключении к тепловым сетям: монография / С.С. Федоров, Д.Н. Тютюнов. Курск: ЗАО «Университетская книга»; 2017. – 181с.
6. Федоров, С.С. Использование вихревых теплогенераторов для отопления газораспределительных пунктов и шкафов / С.С. Федоров, Д.Н. Тютюнов, Н.Е. Семичева. – Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 2. С. 92–96.

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

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

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

Панина Елена Анатольевна
ФГБОУ «Юго-Западный государственный
университет» г.Курск
преподаватель кафедры высшей математики
305040, г.Курск, ул.50 лет Октября, 94
E-mail: elpan1na@yandex.ru

I.N. BURILICH, D.N. TYUTYUNOV, L.I. STUDENIKINA, E.A. PANINA

ONE OF THE SOLUTIONS TU MACHINERI PROBLEMS THROUGH STUDIES OF MECHANICAL CHARACTERISTICS OF METAL STRUCTURES

Abstract. *The article presents the results of theoretical studies using the Riccati differential equation in problems of machine engineering. A description of the mathematical model is given and possible variants of experimental dependencies are determined in the study of engineering structures. A graphic illustration of the dependency is given.*

Keywords: *problems of machine engineering, the Riccati differential equation, loading and deformation levels.*

BIBLIOGRAPHY

1. Fletcher, K. Chislennyye metody na osnove metoda Galerkina / K. Fletcher. M.: Mir, 1988. 352 -s.
2. Matveyev, N.M. Sbornik zadach i uprazhneniy po obyknovennym differentsialnym uravneniyam: Dlya vuzov. – 6-ye izd., ispr. i dop / N.M. Matveyev. – Mn., 1987. – 319 s.
3. Brooms, S.Ye. Punching of flat plates – a question of concrete properties in biaxial compression and size effect [Prodavlivaniye ploskikh plit - k voprosu o svoystvakh betona pri dvukhosnom szhatii i masshtabnom effekte] / S.Ye. Brooms, // ACI Structural Journal. 1990. Vol. 87.No. 3. Pp. 292-304.
4. Susanto, T. Punching shear strength of slabs with openings and supported on rectangular columns [Prochnost na prodavlivaniye plit s otverstiyami i opiraniyem na pryamougolnyye kolonny] / T. Susanto, N.K. Cheong, K.L. Kuang, J.Z. Geng // ACI Structural Journal, 2004. Vol. 101. No. 5. Pp. 678-687.
5. Upravleniye sistemoy mnogokonturnogo teplosnabzheniya zdaniy pri zavisimom podklyuchenii k teplovym setyam: monografiya / S.S. Fedorov, D.N. Tyutyunov. Kursk: ZAO «Universitetskaya kniga»; 2017. – 181s.
6. Fedorov, S.S. Ispolzovaniye vikhrevykh teplogeneratorov dlya otopeniya gazoraspredeletelnykh punktov i shkafov / S.S. Fedorov, D.N. Tyutyunov, N.Ye. Semicheva. – Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo. 2017. № 2. S. 92–96.

Burilich Irina Nikolaevna

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

Tutunov Dmitry Nikolaevich

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

Studenikina Larisa Ivanovna

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

Panina Elena Anatolyevna

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

УДК 621.914

А.А. МУРАВЬЕВ, Н.С. МАРКОВА, О.А. ГРАЧЕВА

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТМАССОВЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС С КРУГОВЫМ ЗУБОМ МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО НАПЛАВЛЕНИЯ (FDM)

Аннотация. *В статье дается обоснование технико-экономической эффективности применения аддитивного метода формообразования пластмассовых цилиндрических колес с круговым зубом. Представлены методы изготовления пластмассовых цилиндрических колес с круговым зубом. Рассмотрены варианты оптимизации конструкции пластмассового зубчатого колеса. Приводятся параметры формообразования по технологии FDM. Установлено, что аддитивные технологии могут составить конкуренцию традиционным методам изготовления пластмассовых колес с круговым зубом при среднесерийном производстве.*

Ключевые слова: *аддитивные технологии, 3D печать, технологический процесс, экономическая эффективность, FDM, круговой зуб, цилиндрические пластмассовые зубчатые колеса.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муравьев, А.А. Особенности изготовления пластмассовых цилиндрических зубчатых колес с круговым зубом по аддитивной технологии / А.А. Муравьев // Научно-технические и виброволновые технологии обработки деталей высокотехнологичных изделий: материалы междунаро. науч. симпозиума технологов-машиностроителей (Ростов-на-Дону, 26-28 сент. 2018). Ростов-на-Дону, ДГТУ, 2018 (299) С. 250-254.
2. Муравьев, А.А. Особенности твердотельного моделирования цилиндрического зубчатого колеса с круговым зубом для изготовления по FDM технологии / А.А. Муравьев, А.С. Тарапанов // Орел, ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии». 2018, № 4-2. С. 141-146.
3. Kapil Gupta. Advanced Gear Manufacturing and Finishing: Classical and Modern Processes. – Academic Press, 2017. – 240 p.
4. Попова, Е.И. Разработка инструментов и технологии формообразования металлополимерных колес спироидных передач: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.03.01. – Ижевск, 2004. – 164 с.
5. Муравьев А.А. Выбор технологии формообразования цилиндрических пластмассовых колес с круговыми зубьями / Муравьев А.А., Тарапанов А.С., Шаблинская Т.Н. // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2017. - № 3. – С. 112-116.
6. Гибсон, Я. Технологии аддитивного производства. Трехмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство / Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2016. – 656 с.
7. 3ders.org - Tend.ai trains your robot to operate dozens of 3D printers, read screens, remove 3D prints & replace filament rolls | 3D Printer News & 3D Printing News [Электронный ресурс] URL: <http://www.3ders.org/articles/20160623-tend-ai-trains-your-robot-to-operate-dozens-of-3d-printers-read-screens-remove-3d-prints.html> (дата обращения 28.01.2019).
8. MakerBot: 3D Printing [Электронный ресурс] URL: <https://www.ibtimes.co.uk/makerbot-3d-printing-rise-prosumers-video-1473757> (дата обращения 28.01.2019).

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

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

Грачева Ольга Андреевна
ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орел
Студент кафедры индустрии моды
302026, г. Орел, ул.
Комсомольская, 95
E-mail: gracheva-o.98@yandex.ru

A.A. MURAVEV, N.S. MARKOVA, O.A. GRACHEVA

TECHNICAL AND ECONOMIC PRECONDITIONS MANUFACTURING PLASTIC CYLINDRICAL WHEELS WITH CIRCULAR TOOTH BY TECHNOLOGY FDM

Abstract. *The article provides a rationale for the technical and economic efficiency of the use of the additive method of forming plastic cylindrical wheels with a circular tooth. Presents methods for the manufacture of plastic cylindrical wheels with a circular tooth. Considered options for optimizing the design of plastic gears. The parameters for shaping the FDM technology are given. It has been established that additive technologies can compete with traditional methods for manufacturing plastic wheels with a circular tooth in medium-sized production.*

Keywords: *additive technologies, 3D printing, technological process, economic efficiency, FDM, circular tooth, plastic cylindrical gears.*

BIBLIOGRAPHY

1. Muravev, A.A. Features of the manufacture of plastic cylindrical gears with a circular tooth on additive technology / A.A. Muravev // High-tech and vibration wave processing technology of parts of high-tech products: materials international. scientific Symposium of mechanical engineers (Rostov-on-Don, September 26-28, 2018). Rostov-on-Don, DGTU, 2018 (299) C. 250-254.
2. Muravev, A.A. Peculiarities of solid modeling cylindrical gear with circular toot for production by FDM technology / A.A. Muravev, A.S. Tarapanov // Fundamental and applied problems of engineering and technology. - Orel, 2018 - № 4-2. - p. 141–146.
3. Kapil Gupta, Rolf F. Laubscher, Neelesh Kumar Jain. Advanced Gear Manufacturing and Finishing: Classical and Modern Processes. – Academic Press, 2017 – 240 p.

4. Popova, E.I. Development of tools and technology for forming metal-polymer wheels of spiroid gears: PhD dissertation (Technical Sciences): 05.03.01. – Izhevsk, 2004. – 164 p.
5. Muravev A.A. The choice of technology for forming cylindrical plastic wheels with circular teeth / A.A. Muravev, A.S. Tarapanov, T.N. Shablinskaya // Fundamental and applied problems of engineering and technology. – Orel, 2017. - № 3. - p. 112-116.
6. Gibson J., Rosen D., Staker B. Additive Production Technologies. Three-dimensional printing, rapid prototyping and direct digital production. M.: TECHNOSPHERE, 2016. - 656 p.
7. 3ders.org - Tend.ai trains your robot to operate dozens of 3D printers, read screens, remove 3D prints & replace filament rolls | 3D Printer News & 3D Printing News [Electronic resource] URL: <http://www.3ders.org/articles/20160623-tend-ai-trains-your-robot-to-operate-dozens-of-3d-printers-read-screens-remove-3d-prints.html> (circulation date 28.01.2019).
8. MakerBot: 3D Printing [Electronic resource] URL: <https://www.ibtimes.co.uk/makerbot-3d-printing-rise-prosumers-video-1473757> (circulation date 28.01.2019).

Muravev Andrei Aleksandrovich
OSU named I.S. Turgenev, Orel
Post-graduate student of the Machine
Building Department
E-mail: andrei-20101@yandex.ru

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

Gracheva Olga Andreevna
OSU named I.S. Turgenev, Orel
Student
Department of Fashion Industry
302026, Orel, st. Komsomolskaya, 95
E-mail: gracheva-o.98@yandex.ru

УДК 621.7.043

К.И. КАПЫРИН, П.Г. МОРЕВ, Г.П. КОРОТКИЙ,
Д.А. СЕИН, М.А. ФОМИН, В.Р. СТЕПАНОВ

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОПТИМАЛЬНОГО ЗАЗОРА ПРИ ВЫРУБКЕ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА В ППП «ШТАМП»

Аннотация. В статье рассмотрено численное моделирование вырубки с прижимом листового материала при различных значениях величины зазора между матрицей и пуансоном, определяющим качество поверхности штампуемых деталей. Моделирование проводилось методом конечных элементов в ППП «ШТАМП». Описан инструмент моделирования, начальные и граничные условия. В качестве оценочных параметров использовались значения интенсивности напряжений σ_i на рабочей кромке инструмента, величина и знак тангенциальных напряжений σ_θ в зоне реза и гидростатическая компонента тензора напряжений σ_r . Приводятся данные по моделированию вырубки заготовки из листовой стали 08кп толщиной 1 мм. Величина одностороннего зазора варьировалась в пределах значений 0,02 мм; 0,03 мм и 0,04 мм. В результате численного моделирования установлено, что при оценке с использованием указанных оценочных параметров оптимальным значением величины одностороннего зазора является величина 0,02 мм.

Ключевые слова: вырубка листового материала; численное моделирование, ППП «ШТАМП»; оптимальное значение зазора при вырубки с прижимом

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зубцов, М.Е. Листовая штамповка: учебник / М.Е. Зубцов. – Л.: Машиностроение, 1980. – 432 с.
2. Головащенко, С.Ф. Повышение качества процессов обрезки тонкостенных деталей в штампах / С.Ф. Головащенко, Ю.Г. Князев // Вестник МГТУ. Машиностроение. – 1999. – № 1. – С. 20 – 26.
3. Князев, Ю.Г. Повышение качества поверхности разделения при штамповке крупногабаритных тонколистовых деталей / Ю.Г. Князев // Технология металлов. 1999. – № 2. – С. 2 – 5.
4. Svahn, O. Superfast Blanking Prevents Defects / O. Svahn // Advanced Materials and Processes. 1993. – Vol.144. – P. 30 – 32.
5. Тимошенко, В.А. Нарастание деформации и разрушение заготовки при разрезке / В.А. Тимошенко // Изв. вузов. Машиностроение. 1989. – № 8. – С. 87 – 90.
6. Леник, К.С. Изнашивание инструмента и качество деталей, вырубаемых из электротехнической стали / К.С. Леник // Кузнечно-штамповочное производство. – 1988. – №5. – С. 15 – 17.
7. Основные факторы, определяющие стойкость инструмента при вырубки / Г. С. Фукс-Рабинович, А. Н. Кузнецов, В. Ф. Моисеев и др. // Кузнечно-штамповочное производство. 1990. – № 2. – С. 16 – 18.
8. Смолянинов, В.П. Определение контактных давлений на режущие кромки матрицы и пуансона при чистовой вырубки / В.П. Смолянинов, И.Я. Камышов, О.А. Чегринец // Обработка металлов давлением в машиностроении (Харьков). 1985. – № 21. – С. 48 – 50.

9. Михаленко, Ф.П. Определение интенсивности напряжений и деформаций в пластической области при вырубке-пробивке тонколистового металла / Ф.П. Михаленко, А.И. Гулиев // Кузнечно-штамповочное производство. 1988. – №6. – С. 13 – 16.

10. Dasgupta, D.K. Deformation and Interface Contact Friction in Metal Shearing Using Inclined Knife Profiles / D.K. Dasgupta, // J. Mater. Shaping Technology. 1987. – Vol.5. – P. 133 – 142.

11. Акастелова, Н.А. Исследование очага пластической деформации при вырубке листового материала / Н.А. Акастелова, С.И. Вдовин // Изв. вузов. Машиностроение. 1989. – № 8. – С. 90 – 92.

12. Ghosh, A. A New Approach to the Mechanics of Blanking Operation: Theoretical Model and Experimental Verification / A. Ghosh, V. Raghu Ram, P.B. Papat // Journal of Mechanical Working Technology. 1985. – Vol. 11. – P. 215 – 228.

13. Brokken, D. Numerical Analysis of the Metal Blanking Process / D. Brokken, W. A. M. Brekelmans, F. P. T. Baaijens // Proceedings of the 5 International Conference on Technology of Plasticity. Columbus, 1996. – Vol. 2. – P. 665 – 668.

Капырин Константин Игоревич

ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орел
Кандидат технических наук,
доцент каф. Машиностроения
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел. (4862) 75-13-18
E-mail: kostik72@inbox.ru

Сеин Данил Андреевич

ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орел
Студент каф. Машиностроения
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел. (4862) 75-13-18
E-mail: d.sein2013@yandex.ru

Морев Павел Геннадьевич

ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орел
Кандидат физико-математических наук,
научный сотрудник лаборатории новых материалов
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел. (4862) 75-13-18
E-mail: paulorel@mail.ru

Фомин Максим Анатольевич

ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орел
Студент каф. Машиностроения
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел. (4862) 75-13-18
E-mail: alduin6@gmail.com

Короткий Геннадий Петрович

ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орел
Кандидат технических наук,
доцент каф. Машиностроения
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел. (4862) 75-13-18
E-mail: genkor@inbox.ru

Степанов Владислав Романович

ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орел
Студент каф. Машиностроения
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел. (4862) 75-13-18
E-mail: vladislav_stepanov@inbox.ru

K.I. KAPYRIN, P.G. MOREV, G.P. KOROTKIY, D.A. SEIN, M.A. FOMIN, R.V. STEPANOV

**NUMERICAL MODELING OF THE VALUE OF OPTIMAL CLEARANCE
WHEN CUTTING THE SHEET MATERIAL IN PPP «STAMP»**

Abstract. *The article discusses numerical simulation of cutting with the clamping of sheet material at different values of the gap between the die and the punch, which determines the surface quality of the parts to be stamped. The simulation was carried out by the finite element method in the PPP «Stamp». The modeling tool, initial and boundary conditions are described. The values of stress intensity σ_i at the working edge of the tool, the magnitude and sign of tangential stresses σ_θ in the cut zone and the hydrostatic component of the stress tensor σ_p were used as the estimated parameters. The data on modeling the cutting of blanks from 08kp sheet steel with a thickness of 1 mm are given. The size of the one-sided gap ranged from 0.02 mm; 0.03 mm and 0.04 mm. As a result of numerical simulation, it was established that, when evaluating using the indicated estimation parameters, the optimal value of the value of one-sided gap is 0.02 mm.*

Keywords: *cutting sheet material; numerical modeling, PPP «STAMP»; optimum clearance value when punching down.*

BIBLIOGRAPHY

1. Zubtsov, M.Ye. Listovaya shtampovka: uchebnik / M.Ye. Zubtsov. – L.: Mashinostroeniye, 1980. – 432 s.
2. Golovashchenko, S.F. Povysheniye kachestva protsessov obrezki tonkostennykh detaley v shtampakh / S.F. Golovashchenko, YU.G. Knyazev // Vestnik MGTU. Mashinostroeniye. – 1999. – № 1. – S. 20 – 26.
3. Knyazev, YU.G. Povysheniye kachestva poverkhnosti razdeleniya pri shtampovke krupnogabaritnykh tonkolistovykh detaley / YU.G. Knyazev // Tekhnologiya metallov. 1999. – № 2. – S. 2 – 5.
4. Svahn, O. Superfast Blanking Prevents Defects / O. Svahn // Advanced Materials and Processes. 1993. – Vol.144. – P. 30 – 32.

5. Timoshchenko, V.A. Narastaniye deformatsii i razrusheniye zagotovki pri razrezke / V.A. Timoshchenko // Izv. vuzov. Mashinostroyeniye. 1989. – № 8. – S. 87 – 90.
6. Lenik, K.C. Iznashivaniye instrumenta i kachestvo detaley, vyrubayemykh iz elektrotekhnicheskoy stali / K.C. Lenik // Kuznechno-shtampovoychnoye proizvodstvo. – 1988. – №5. – S. 15 –17.
7. Osnovnyye faktory, opredelyayushchiye stoykost instrumenta pri vyrubke / G. S. Fuks-Rabinovich, A. N. Kuznetsov, V. F. Moiseyev i dr. // Kuznechno-shtampovoychnoye proizvodstvo. 1990. – № 2. – S. 16 – 18.
8. Smolyaninov, V.P. Opredeleniye kontaktnykh davleniy na rezhushchiye kromki matritsy i puansona pri chistovoy vyrubke / V.P. Smolyaninov, I.YA. Kamyshev, O.A. Chegrinets // Obrabotka metallov davleniyem v mashinostroyenii (Kharkov). 1985. – № 21. – S. 48 – 50.
9. Mikhalenko, F.P. Opredeleniye intensivnosti napryazheniy i deformatsiy v plasticheskoy oblasti pri vyrubke-probivke tonkolistovogo metalla / F.P. Mikhalenko, A.I. Guliyev // Kuznechno-shtampovoychnoye proizvodstvo. 1988. – №6. – S. 13 – 16.
10. Dasgupta, D.K. Deformation and Interface Contact Friction in Metal Shearing Using Inclined Knife Profiles / D.K. Dasgupta, // J. Mater. Shaping Technology. 1987. – Vol.5. – P. 133 – 142.
11. Akastelova, H.A. Issledovaniye ochaga plasticheskoy deformatsii pri vyrubke listovogo materiala / H.A. Akastelova, S.I. Vdovin // Izv. vuzov. Mashinostroyeniye. 1989. – № 8. – S. 90 – 92.
12. Ghosh, A. A New Approach to the Mechanics of Blanking Operation: Theoretical Model and Experimental Verification / A. Ghosh, V. Raghu Ram, R.V. Popat // Journal of Mechanical Working Technology. 1985. – Vol. 11. – P. 215 – 228.
13. Brokken, D. Numerical Analysis of the Metal Blanking Process / D. Brokken, W. A. M. Brekelmans, F. P. T. Baaijens // Proceedings of the 5 International Conference on Technology of Plasticity. Columbus, 1996. – Vol. 2. – P. 665 – 668.

Kapryin Konstantin Igorevich

OGU imeni I.S. Turgeneva, g. Orel
Candidate of Technical Sciences,
assistant professor kaf. Mashinostroyeniya
302026, g. Orel, ul. Komsomolskaya, 95
Tel. (4862) 75-13-18
E-mail: kostik72@inbox.ru

Sein Danil Andreevich

OGU imeni I.S. Turgeneva, g. Orel
Student kaf. Mashinostroyeniya
302026, g. Orel, ul. Komsomolskaya, 95
Tel. (4862) 75-13-18
E-mail: d.sein2013@yandex.ru

Morev Pavel Gennadevich

OGU imeni I.S. Turgeneva, g. Orel
Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Researcher of the laboratory of new materials
302026, g. Orel, ul. Komsomolskaya, 95
Tel. (4862) 75-13-18
E-mail: paulorel@mail.ru

Fomin Maksim Anatolevich

OGU imeni I.S. Turgeneva, g. Orel
Student kaf. Mashinostroyeniya
302026, g. Orel, ul. Komsomolskaya, 95
Tel. (4862) 75-13-18
E-mail: alduin6@gmail.com

Korotkij Gennadiy Petrovich

OGU imeni I.S. Turgeneva, g. Orel
Candidate of Technical Sciences,
assistant professor kaf. Mashinostroyeniya
302026, g. Orel, ul. Komsomolskaya, 95
Tel. (4862) 75-13-18
E-mail: genkor@inbox.ru

Stepanov Vladislav Romanovich

OGU imeni I.S. Turgeneva, g. Orel
Student kaf. Mashinostroyeniya
302026, g. Orel, ul. Komsomolskaya, 95
Tel. (4862) 75-13-18
E-mail: vladislav_stepanov@inbox.ru

УДК: 621.9

Г.В. БАРСУКОВ, О.Г. КОЖУС, С.А. ШМАНЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА СМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ АБРАЗИВНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ГИДРОАБРАЗИВНОГО РЕЗАНИЯ

Аннотация. В статье авторами опираясь на результаты экспериментальных исследований, разработана математическая модель механизма смешивания компонентов абразивной смеси, позволяющая определить время смешивания при различных настройках конструктивных элементов смесителя, что позволяет повысить эффективность гидроабразивного резания различных материалов.

Ключевые слова: гидроабразивное резание, абразив, абразивная смесь, гранатовый песок, смешивание, однородность смеси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галиновский, А.Л. Минимизация технологической себестоимости гидроабразивного резания с учетом стоимостных и технологических параметров процесса обработки [Текст] / А.Л. Галиновский, В.А. Тарасов, В.М. Елфимов // Известия высших учебных заведений «Машиностроение». – 2011. – №4. – с. 46 - 54.
2. Барсуков, Г.В. Исследование режущей способности наномодифицированного абразива из отходов цветного производства для гидроабразивного резания материалов [Текст] / Барсуков Г.В., Кожус О.Г. // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2016. – №. 2. – С. 79-86.
3. Stepanov, Y.S. Technological Fundamentals for Efficiency Control of Hydroabrasive Cutting / Y.S. Stepanov, G.V.Barsukov, S.G. Bishutin // Procedia Engineering, 2016.
4. Barsukov, G. Increasing Of Efficiency Of Environmentally Friendly Technology Of AWJ Of A Glass Fiber Plastic / G. Barsukov, O. Kozhus, T. Zhuravleva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2017. – Т. 50. – №. 1. – p. 012001.
5. Barsukov, G. Quality of Hydroabrasive Waterjet Cutting Machinability / G. Barsukov, O. Kozhus, T. Zhuravleva // Procedia Engineering. – 2017. – Т. 206. – pp. 1034-1038.
6. Barsukov, G. Methodics of Quality of Hydroabrasive Waterjet Cutting Machinability Assessment / G. Barsukov, O. Kozhus, T. Zhuravleva // International Conference on Industrial Engineering. – Springer, Cham, 2018. – С. 1677-1685.
7. Степанов, Ю. С. Разработка технологических приемов раскроя деталей из стеклотекстолита гидроабразивной струей / Степанов Ю.С., Барсуков Г.В., Журавлева Т.А., Кожус О.Г. // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П.А. Соловьева. – 2017. – №. 2. – С. 267-274.
8. Барсуков, Г.В. Разработка технологии модификации вторичных техногенных абразивных материалов для гидроабразивного резания / Г.В. Барсуков, А.А. Александров, К.Ю. Фроленков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – № 3–2. – 2013. – С. 82 – 90.
9. Барсуков, Г.В. Определение производительности гидроабразивного резания с учетом характеристик абразивного зерна / Г.В. Барсуков, А.В. Михеев // Справочник. Инженерный журнал. – 2008. – № 1. – С. 9 – 14.
10. Барсуков, Г.В. Исследование абразивной способности искусственных и природных абразивов, обеспечивающих производительность гидроабразивного резания / Г.В. Барсуков, О.Г. Кожус, А.Ю. Винокуров // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – № 2. – 2018 г. – С. 34-41.

Барсуков Геннадий Валерьевич

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

Кожус Ольга Геннадьевна

ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» г. Орел
вед. инж. Отдела организационного сопровождения НИР
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел.: + 7 (4862) 413295
E-mail: okozhus@mail.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) 413295
E-mail: awj@list.ru

G.V. BARSUKOV, O.G. KOJUS, S.A. SHMANEV

**STUDYING THE MECHANISM OF MIXING COMPONENTS
OF ABRASIVE MIXTURE FOR HYDROABRASIVE CUTTING**

Abstract. *In the article, the authors, based on the results of experimental studies, developed a mathematical model of the mechanism for mixing the components of an abrasive mixture, which allows determining the mixing time at various settings of the structural elements of the mixer, which improves the efficiency of hydroabrasive cutting of various materials.*

Keywords: *hydroabrasive cutting, abrasive, abrasive mixture, garnet sand, mixing, mixture homogeneity.*

BIBLIOGRAPHY

1. Galinovskiy, A.L. Minimizatsiya tekhnologicheskoy sebestoimosti gidroabrazivnogo rezaniya s uchetom stoimostnykh i tekhnologicheskikh parametrov protsessa obrabotki [Tekst] / A.L. Galinovskiy, V.A. Tarasov, V.M. Yelfimov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy «Mashinostroyeniye». – 2011. – №4. – с. 46 - 54.
2. Barsukov, G.V. Issledovaniye rezhushchey sposobnosti nanomodifitsirovannogo abraziva iz otkhodov tsvetnogo proizvodstva dlya gidroabrazivnogo rezaniya materialov [Tekst] / Barsukov G.V., Kozhus O.G. // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2016. – №. 2. – S. 79-86.
3. Stepanov, Y.S. Technological Fundamentals for Efficiency Control of Hydroabrasive Cutting / Y.S. Stepanov, G.V.Barsukov, S.G. Bishutin // Procedia Engineering, 2016.

4. Barsukov, G. Increasing Of Efficiency Of Environmentally Friendly Technology Of AWJ Of A Glass Fiber Plastic / G. Barsukov, O. Kozhus, T. Zhuravleva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2017. – Т. 50. – №. 1. – r. 012001.
5. Barsukov, G. Quality of Hydroabrasive Waterjet Cutting Machinability / G. Barsukov, O. Kozhus, T. Zhuravleva // Procedia Engineering. – 2017. – Т. 206. – rr. 1034-1038.
6. Barsukov, G. Methodics of Quality of Hydroabrasive Waterjet Cutting Machinability Assessment / G. Barsukov, O. Kozhus, T. Zhuravleva // International Conference on Industrial Engineering. – Springer, Cham, 2018. – S. 1677-1685.
7. Stepanov, YU. S. Razrabotka tekhnologicheskikh priyemov raskroya detaley iz steklostekstolita gidroabrazivnoy struyey / Stepanov YU.S., Barsukov G.V., Zhuravleva T.A., Kozhus O.G. // Vestnik Rybinskoy gosudarstvennoy aviatsionnoy tekhnologicheskoy akademii im. P.A. Solovyeva. – 2017. – №. 2. – S. 267-274.
8. Barsukov, G.V. Razrabotka tekhnologii modifikatsii vtorichnykh tekhnogennykh abrazivnykh materialov dlya gidroabrazivnogo rezaniya / G.V. Barsukov, A.A. Aleksandrov, K.YU. Frolenkov // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – № 3–2. – 2013. – S. 82 – 90.
9. Barsukov, G.V. Opredeleniye proizvoditelnosti gidroabrazivnogo rezaniya s uchetom kharakteristik abrazivnogo zerna / G.V. Barsukov, A.V. Mikheyev // Spravochnik. Inzhenernyy zhurnal. – 2008. – № 1. – S. 9 – 14.
10. Barsukov, G.V. Issledovaniye abrazivnoy sposobnosti iskusstvennykh i prirodnykh abrazivov, obespechivayushchikh proizvoditelnost gidroabrazivnogo rezaniya / G.V. Barsukov, O.G. Kozhus, A.YU. Vinokurov // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – № 2. – 2018 g. – S. 34-41.

Barsukov Gennady Valerievich

FSBEI of HE «OGU them. I.S. Turgenev «Orel
 Doctor of Technical Sciences, Professor of the
 Department of Mechanical Engineering
 302026, Orel, ul. Komsomolskaya 95
 Tel: + 7 (4862) 413295
 E-mail: awj@list.ru

Kozhus Olga Gennadyevna

FSBEI of HE «OGU them. I.S. Turgenev «Orel
 Ved. Ing. Department of organizational support of
 research
 302026, Orel, ul. Komsomolskaya 95
 Tel: + 7 (4862) 413295
 E-mail: okozhus@mail.ru

Shmanev Sergey Anatolyevich

FSBEI of HE «OGU them. I.S. Turgenev «Orel, graduate
 student of the department of mechanical engineering
 302026, Orel, ul. Komsomolskaya 95
 Tel: + 7 (4862) 413295
 E-mail: awj@list.ru

МАШИНОВЕДЕНИЕ И МЕХАТРОНИКА

УДК 62-25

А.С. ФЕТИСОВ

РАСЧЕТ МАГНИТНОЙ ЦЕПИ ОПОРЫ СКОЛЬЖЕНИЯ, СМАЗЫВАЕМОЙ МАГНИТОРЕОЛОГИЧЕСКИМИ ЖИДКОСТЯМИ

Аннотация. В статье рассмотрена конструкция опорного узла, состоящего из гладкого подшипника скольжения, смазываемого магнитореологической жидкостью, электромагнитных актуаторов и магнитопровода. Выполнен расчет магнитной цепи реомагнитного подшипника скольжения. Определены характеристики магнитного поля в зазоре подшипника скольжения.

Ключевые слова: Опорный узел, роторная машина, магнитореологическая жидкость, подшипника скольжения, магнитная цепь, электромагнитный актуатор.

Настоящее исследование выполнено в рамках выполнения проекта РНФ №16-19-00186

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jaw-Ren, L. Lubrication performances of short journal bearings operating with non-newtonian ferrofluids / Jaw-Ren L., Po-Jui L., Tzu-Chen H. // Z. Naturforsch, Vol. 68a., 2013. C. 249 – 254.
2. Spaggiari, A. Smart materials: properties, design and mechatronic applications Journal of materials: design and application / Spaggiari A., Castagnetti D., Golinelli N. // Proc. IMechE Part L., Vol. 0 (0), 2016. P. 1-29.

3. Ghaffari, A. A review on the simulation and modeling of magnetorheological fluids / Ghaffari A., Hashemabadi S. H., Ashtiani M. // Journal of intelligent material systems and structures. Vol. 26 (8), 2015. P. 881-904.
4. Zapomel, J. A new mathematical model of a short magnetorheological squeeze film damper for rotordynamic applications based on a bilinear oil representation –derivation of the governing equations / Zapomel J., Ferrecki P., Forte P. // Applied Mathematical Modelling 52, 2017. P. 558–575.
5. Montazeri, H. Numerical analysis of hydrodynamic journal bearings lubricated with ferrofluids / Montazeri H. // Engineering Tribology. Proc. IMechE, Vol.222., 2007. Part J.:51 – 60.
6. Osman, T.A. Static and dynamic characteristics of magnetized journal bearings lubricated with ferrofluid / Osman, T. A., Nada G. S., Safar Z. S. // Tribology international. Elsevier, Vol. 34, 2001, 369 – 380.
7. Tipei, N. Theory of lubrication with ferrofluids: application to short bearings. / Tipei N. // Journal of lubrication. Vol. 104 (4), 1982. P. 510 – 515.
8. Jonsdottir, F. Rheology of perfluorinated polyether-based MR fluids with nanoparticles / Jonsdottir F., Gudmundsson, K.H., Dukman, T. B. // Journal of intelligent material systems and structures. Vol. 21, 2010. P. 1051 – 1060.
9. Urreta, H. Hydrodynamic bearing lubricated with magnetic fluids / Urreta H., Leicht Z., Sanchez A. // Journal of intelligent material systems and structures. Vol. 21, 2010. P. 1491 – 1499.

Фетисов Александр Сергеевич

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

стажёр-исследователь ПНИЛ «Моделирование гидромеханических систем»

E-mail: fetisov57rus@mail.ru

A.S. FETISOV

CALCULATION OF THE MAGNETIC CIRCUIT OF THE SLIDING BEARING, LUBRICATED WITH MAGNETORHEOLOGICAL FLUIDS

Abstract. *The article presents the design of the bearing block, consisting of a sliding bearing, lubricated magnetorheological fluid, electromagnetic actuators and magnetic path. The magnetic circuit of the reomagnetic sliding bearing is calculated. The characteristics of the magnetic field in the sliding bearing gap are determined.*

Keywords: *bearing block, rotor machine, magnetorheological fluid, slide bearings, magnetic circuit, electromagnetic actuator.*

BIBLIOGRAPHY

1. Jaw-Ren, L. Lubrication performances of short journal bearings operating with non-newtonian ferrofluids / Jaw-Ren L., Po-Jui L., Tzu-Chen H. // Z. Naturforsch, Vol. 68a., 2013. C. 249 – 254.
2. Spaggiari, A. Smart materials: properties, design and mechatronic applications Journal of materials: design and application / Spaggiari A., Castagnetti D., Golinelli N. // Proc. IMechE Part L., Vol. 0 (0), 2016. P. 1-29.
3. Ghaffari, A. A review on the simulation and modeling of magnetorheological fluids / Ghaffari A., Hashemabadi S. H., Ashtiani M. // Journal of intelligent material systems and structures. Vol. 26 (8), 2015. P. 881-904.
4. Zapomel, J. A new mathematical model of a short magnetorheological squeeze film damper for rotordynamic applications based on a bilinear oil representation –derivation of the governing equations / Zapomel J., Ferrecki P., Forte P. // Applied Mathematical Modelling 52, 2017. P. 558–575.
5. Montazeri, H. Numerical analysis of hydrodynamic journal bearings lubricated with ferrofluids / Montazeri H. // Engineering Tribology. Proc. IMechE, Vol.222., 2007. Part J.:51 – 60.
6. Osman, T.A. Static and dynamic characteristics of magnetized journal bearings lubricated with ferrofluid / Osman, T. A., Nada G. S., Safar Z. S. // Tribology international. Elsevier, Vol. 34, 2001, 369 – 380.
7. Tipei, N. Theory of lubrication with ferrofluids: application to short bearings. / Tipei N. // Journal of lubrication. Vol. 104 (4), 1982. P. 510 – 515.
8. Jonsdottir, F. Rheology of perfluorinated polyether-based MR fluids with nanoparticles / Jonsdottir F., Gudmundsson, K.H., Dukman, T. B. // Journal of intelligent material systems and structures. Vol. 21, 2010. P. 1051 – 1060.
9. Urreta, H. Hydrodynamic bearing lubricated with magnetic fluids / Urreta H., Leicht Z., Sanchez A. // Journal of intelligent material systems and structures. Vol. 21, 2010. P. 1491 – 1499.

Fetisov Alexander Sergeevich

Orel State University,

Trainee-researcher RL «Modeling of hydromechanical systems»

А.В. ГОРИН, Н.В. ТОКМАКОВ, Д.Д. ШВЕЦ

МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОБЪЕМНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА МАШИНЫ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ СКВАЖИН В ГРУНТАХ

Аннотация. В статье рассмотрены предпосылки к обоснованию параметров машины с объемным гидравлическим приводом. Представлена реологическая модель грунта в модернизированной модели Максвелла. Приведена математическая модель режима работы машины с объемным гидравлическим приводом для образования скважин в грунте. для экспериментального подтверждения полученных аналитических зависимостей и результатов разработан испытательный полноразмерный стенд. В результате анализа данных полученных на испытательном стенде и натурных испытаний представлена графическая зависимость энергоемкости проходки от единичного удара машины. Предложен безразмерный коэффициент силового воздействия на забой, позволяющий оценивать возможное применение машины с объемным гидравлическим приводом для образования скважин в грунте.

Ключевые слова: гидравлический привод, экспериментальный стенд, математическая модель, реологическая модель, грунт, скважина.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баландинский, Е.В. Бестраншейная прокладка инженерных коммуникаций / Е.Д. Баландинский В.А. Васильев В.И. Минаев В.Н. Ладыженский. - М.: Недра, 1991. - 140 с.
2. Васильев, Н. В. Закрытый трубопровод / Н. В. Васильев - М.: Недра, 1994. - 214 с.
3. Горин, А.В. Объемный гидропривод комбинированной машины для формирования скважин в грунтах / А.В. Горин, Д.Н. Ешуткин, М.А. Горина. Орёл: Государственный университет - УГПП, 2015. - 127 с.
4. Горбунов, В.Ф. Гидравлические и пневматические бурильные молотки / В.Ф. Горбунов, Д.Н. Ешуткин, Г.Г. Пивен [и другие]. - Новосибирск: Горный институт, 1992. - 100 с.
5. Ушаков, Л.С. Гидравлические ударные машины / Л.С. Ушаков Ю.Е. Котылев В.А. Кравченко. - М.: Машиностроение, 2000. - 416 с.
6. Башта, Т.М. Гидравлика, гидравлические машины и гидроприводы / Т.М. Башта - М.: Машиностроение, 1992. - 423 с.
7. Горин, А.В. Применение гидравлических ударных машин для формирования скважин в почве: монография / А.В. Горин, Д.Н. Эшуткин, М.А. Горина. - Орловский государственный университет - УГНЦ, 2015. - 151 с.
8. Кушул, М.Ю. Теория вибрационного погружения цилиндрического стержня в упруго-пластическую среду / М.Ю. Кушул А.В. Шляхтин. - М.: Недра, 1988. - 132 с.
9. Ракишев, Б.Р. Бурение специальных скважин в мерзлых породах / Б.Р. Ракишев, Б.Ф. Шерстюк, Е.К. Ястребов - М.: Недра, 1998. - 314 с.
10. Лавров, Г.Е. Механизация строительства пересечений магистральных трубопроводов под автомобильным и железным дорогами / Г.Е. Лавров Т.Х. Саратов. - М.: Недра, 1978. - 132 с.
11. Горин, А.В. Моделирование привода статических и динамических машин для бестраншейного строительства трубопроводов / Д.Н. Эшуткин, А.В. Журавлева, А.В. Горин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. - Орёл: Издательство ФГОУ ВПО «Государственный университет - УГПП» - 2011. - № 3 (287). - С. 20-26.
12. Зеленин, А.Н. Основы разрушения почв механическими средствами / А.Н. Зеленин. - М.: Машиностроение, 1968. - 378 с.
13. Протасов, Ю.И. Теоретические основы механического разрушения горных пород / Ю.И. Протасов. - М.: Недра, 1985. - 242 с.
14. Кершенбаум, Н.Ю. Бурение горизонтальных и вертикальных скважин ударным методом / Н.Ю. Кершенбаум, В.И. Минаев. - М.: Недра, 1984. - 245 с.
15. Гольштейн, М.Н. Механические свойства почв / М.Н. Гольштейн - М.: Стройиздат, 1983. - 368 с.
16. Ешуткин, Д.Н. Жесткость элементов линии нагнетания гидравлических ударных машин / Д.Н. Эшуткин, А.В. Журавлева А.И. Абдурашитов А.В. Горина // Вестник ТулГУ. Серия «Актуальные проблемы механики» - Тула: ТулГУ, 2011. - Выпуск. 7. - С. 58-63.

Горин Андрей Владимирович
ФГБОУ ВО «Орловский государственный
университет имени И.С. Тургенева»
Кандидат технических наук, доцент кафедры
мехатроника, механика и робототехника

Токмаков Никита Владимирович
ФГБОУ ВО «Орловский государственный
университет имени И.С. Тургенева»
Студент
302020, г.Орёл, Наугорское шоссе, 29

302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
Тел. +79102600267
E-mail: gorin57@mail.ru

Тел. +79208182314
E-mail: gorin57@mail.ru

Швец Дарья Дмитриевна
ФГБОУ ВО «Орловский государственный
университет имени И.С. Тургенева»
Студент
302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
Тел. +79102600267
E-mail: gorin57@mail.ru

A.V. GORIN, N.V. TOKMAKOV, D.D. SHVETS

METHODS OF DESIGNING THE SYSTEM OF VOLUME HYDRAULIC DRIVE OF THE MACHINE FOR WELLS FOR GROUNDING

Abstract. *The article discusses the prerequisites for justifying the parameters of the machine with a volumetric hydraulic drive. A rheological model of the soil is presented in the modernized Maxwell model. A mathematical model of the mode of operation of the machine with a volumetric hydraulic drive for the formation of wells in the ground. For experimental confirmation of the obtained analytical dependencies and results, a full-size test bench has been developed. As a result of the analysis of the data obtained on the test bench and field tests, the graphical dependence of the power consumption of the drive on the single impact of the machine is presented. A dimensionless coefficient of power impact on the face was proposed, allowing to evaluate the possible use of a machine with a volumetric hydraulic drive for the formation of wells in the soil.*

Keywords: *hydraulic drive, experimental stand, mathematical model, rheological model, soil, well.*

BIBLIOGRAPHY

1. Balandinskiy, Ye.V. Bestransheynaya prokladka inzhenernykh kommunikatsiy / Ye.D. Balandinskiy V.A. Vasilyev V.I. Minayev V.N. Ladyzhenskiy. - M.: Nedra, 1991. - 140 s.
2. Vasilyev, N. V. Zakrytyy truboprovod / N. V. Vasilyev - M.: Nedra, 1994. - 214 s.
3. Gorin, A.V. Ob'yemnyy gidroprivod kombinirovannoy mashiny dlya formirovaniya skvazhin v gruntakh / A.V. Gorin, D.N. Yeshutkin, M.A. Gorina. Orol: Gosudarstvennyy universitet - UGPP, 2015. - 127 s.
4. Gorbunov, V.F. Gidravlicheskiye i pnevmaticheskiye burilnyye molotki / V.F. Gorbunov, D.N. Yeshutkin, G.G. Piven [i drugiye]. - Novosibirsk: Gornyy institut, 1992. - 100 s.
5. Ushakov, L.S. Gidravlicheskiye udarnyye mashiny / L.S. Ushakov YU.Ye. Kotylev V.A. Kravchenko. - M.: Mashinostroyeniye, 2000. - 416 s.
6. Bashta, T.M. Gidravlika, gidravlicheskiye mashiny i gidroprivody / T.M. Bashta - M.: Mashinostroyeniye, 1992. - 423 s.
7. Gorin, A.V. Primneniye gidravlicheskiykh udarnykh mashin dlya formirovaniya skvazhin v pochve: monografiya / A.V. Gorin, D.N. Eshutkin, M.A. Gorina. - Orlovskiy gosudarstvennyy universitet - UGNTS, 2015. - 151 s.
8. Kushul, M.YU. Teoriya vibratsionnogo pogruzheniya tsilindricheskogo sterzhnya v uprugoplasticheskuyu sredu / M.YU. Kushul A.V. Shlyakhtin. - M.: Nedra, 1988. - 132 s.
9. Rakishev, B.R. Bureniye spetsialnykh skvazhin v merzlykh porodakh / B.R. Rakishev, B.F. Sherstyuk, Ye.K. Yastrebov - M.: Nedra, 1998. - 314 s.
10. Lavrov, G.Ye. Mekhanizatsiya stroitelstva peresecheniy magistralnykh truboprovodov pod avtomobilnym i zheleznyim dorogami / G.Ye. Lavrov T.KH. Saratov. - M.: Nedra, 1978. - 132 s.
11. Gorin, A.V. Modelirovaniye privoda staticheskikh i dinamicheskikh mashin dlya bestransheynogo stroitelstva truboprovodov / D.N. Eshutkin, A.V. Zhuravleva, A.V. Gorin // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. - Orol: Izdatelstvo FGOU VPO «Gosudarstvennyy universitet - UGPP» - 2011. - № 3 (287). - S. 20-26.
12. Zelenin, A.N. Osnovy razrusheniya pochv mekhanicheskimi sredstvami / A.N. Zelenin. - M.: Mashinostroyeniye, 1968. - 378 s.
13. Protasov, YU.I. Teoreticheskiye osnovy mekhanicheskogo razrusheniya gornykh porod / YU.I. Protasov. - M.: Nedra, 1985. - 242 s.
14. Kershenbaum, N.YU. Bureniye gorizontalnykh i vertikalnykh skvazhin udarnym metodom / N.YU. Kershenbaum, V.I. Minayev. - M.: Nedra, 1984. - 245 s.
15. Golshteyn, M.N. Mekhanicheskiye svoystva pochv / M.N. Golshteyn - M.: Stroyizdat, 1983. - 368 s.
16. Yeshutkin, D.N. Zhestkost elementov linii nagnetaniya gidravlicheskiykh udarnykh mashin / D.N. Eshutkin, A.V. Zhuravleva A.I. Abdurashitov A.V. Gorina // Vestnik TulGU. Seriya «Aktualnyye problemy mekhaniki» - Tula: TulGU, 2011. - Vypusk. 7. - S. 58-63.

Gorin Andrey Vladimirovich
Orel State University named after I.S. Turgenev
candidate of Technical Science, Associate Professor at

Tokmakov Nikita Vladimirovich
Orel State University named after I.S. Turgenev
Student

the Department of mechatronics, mechanics and robotics
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph.: +79102600267
E-mail: gorin57@mail.ru

302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph.: +79208182314
E-mail: gorin57@mail.ru

Shvets Daria Dmitrievna

Orel State University named after I.S. Turgenev
Student
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph.: +79102600267
E-mail: gorin57@mail.ru

УДК 004.896, 621.865

П.А. БЕЗМЕН

АЛГОРИТМ ФИЛЬТРА КАЛМАНА ДЛЯ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ

Аннотация. В статье рассматривается использование алгоритма фильтра Калмана для комплексирования данных датчиков физических величин мобильного робота. Главный эффект от комплексирования данных заключается в извлечении принципиально новой информации, которая не может быть получена от отдельных датчиков.

Ключевые слова: мобильный робот, комплексирование данных, датчик, робототехника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безмен, П.А. Архитектура системы управления мобильным роботом / П.А. Безмен // Естественные и технические науки. – Москва: Издательство «Спутник+», 2018. – №6. – С. 100-103.
2. Безмен, П.А. Комплексирование данных системы управления мобильным роботом / П.А. Безмен // Естественные и технические науки. – Москва: Издательство «Спутник+», 2018. – №8. – С. 154-157.
3. Безмен, П.А. Устройства цифровой обработки сигналов в системах управления мобильными роботами / П.А. Безмен // Актуальные проблемы современной науки. – Москва: Издательство «Спутник+», 2018. – №4. – С. 232-237.
4. Афра, Б. DSP или FPGA? Как выбрать нужное устройство / Б. Афра, А. Кападия, // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2008, № 8. – С.54-57.
5. Ермолов И.Л. Расширение функциональных возможностей мобильных технологических роботов путем повышения уровня их автономности с использованием иерархической комплексной обработки бортовых данных: диссертация доктора технических наук. Москва, 2012 г. – 350 с.
6. Kalman, R.E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems / R.E. Kalman, //Transactions of the ASME (American Society of Mechanical Engineers), Journal of Basic Engineering, 1960, vol. 82 (1), P. 35-45.
7. Стратонович, Р.Л. К теории оптимальной нелинейной фильтрации случайных функций / Р.Л. Стратонович, // Теория вероятностей и ее применения. 1959. Т. 4, № 2. С. 239-242.
8. Kalman, R.E. New Results in Linear Filtering and Prediction Theory / R.E. Kalman, R.S. Busy, // Transactions of the ASME (American Society of Mechanical Engineers), Journal of Basic Engineering, 1961, vol. 83 (1), P. 95-108.
9. Bar-Shalom, Y. Estimation with Applications to Tracking and Navigation: Theory Algorithms and Software / Bar-Shalom, Y., Li, X.R., Kirubarajan, T. // John Wiley & Sons, 2001. – P. 584.
10. Волинский, М.А. Анализ вычислительной сложности рекуррентных алгоритмов обработки данных в оптической когерентной томографии / М.А. Волинский, И.П. Гуров, П.А. Ермолаев, П.С. Скаков // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. Издательство: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г.Санкт-Петербург, 2014. – №6. – С.35-40.

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 Октября, 94
Тел. +7(920)-264-93-24
E-mail: pbezmen@yahoo.com

P.A. BEZMEN

THE KALMAN FILTER ALGORITHM FOR DATA FUSION OF A MOBILE ROBOT CONTROL SYSTEM

Abstract. *The article discusses the use of the Kalman filter algorithm for fusion of data which are received from mobile robot sensors. The main effect of data fusion is acquisition of fundamentally new information that cannot be obtained from individual sensors.*

Keywords: *mobile robot, data fusion, sensor, robotics.*

BIBLIOGRAPHY

1. Bezmen, P.A. Arkhitektura sistemy upravleniya mobilnym robotom / P.A. Bezmen // Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki. – Moskva: Izdatelstvo «Sputnik+», 2018. – №6. – S. 100-103.
2. Bezmen, P.A. Kompleksirovaniye dannykh sistemy upravleniya mobilnym robotom / P.A. Bezmen // Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki. – Moskva: Izdatelstvo «Sputnik+», 2018. – №8. – S. 154-157.
3. Bezmen, P.A. Ustroystva tsifrovoy obrabotki signalov v sistemakh upravleniya mobilnymi robotami / P.A. Bezmen // Aktualnyye problemy sovremennoy nauki. – Moskva: Izdatelstvo «Sputnik+», 2018. – №4. – S. 232-237.
4. Afra, B. DSP ili FPGA? Kak vybrat nuzhnoye ustroystvo / B. Afra, A. Kapadiyya, // Elektronika: nauka, tekhnologiya, biznes. – 2008, № 8. – S.54-57.
5. Yermolov I.L. Rasshireniye funktsionalnykh vozmozhnostey mobilnykh tekhnologicheskikh robotov putem povysheniya urovnya ikh avtonomnosti s ispolzovaniyem iyerarkhicheskoy kompleksnoy obrabotki bortovykh dannykh: dissertatsiya doktora tekhnicheskikh nauk. Moskva, 2012 g. – 350 s.
6. Kalman, R.E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems / R.E. Kalman, //Transactions of the ASME (American Society of Mechanical Engineers), Journal of Basic Engineering, 1960, vol. 82 (1), P. 35-45.
7. Stratonovich, R.L. K teorii optimalnoy nelineynoy filtratsii sluchaynykh funktsiy / R.L. Stratonovich, // Teoriya veroyatnostey i yeye primeneniya. 1959. T. 4, № 2. S. 239-242.
8. Kalman, R.E. New Results in Linear Filtering and Prediction Theory / R.E. Kalman, R.S. Busy, // Transactions of the ASME (American Society of Mechanical Engineers), Journal of Basic Engineering, 1961, vol. 83 (1), P. 95-108.
9. Bar-Shalom, Y. Estimation with Applications to Tracking and Navigation: Theory Algorithms and Software / Bar-Shalom, Y., Li, X.R., Kirubarajan, T. // John Wiley & Sons, 2001. – P. 584.
10. Volynskiy, M.A. Analiz vychislitelnoy slozhnosti rekurrentnykh algoritmov obrabotki dannykh v opticheskoy kogerentnoy tomografii / M.A. Volynskiy, I.P. Gurov, P.A. Yermolayev, P.S. Skakov // Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki. Izdatelstvo: Sankt-Peterburgskiy natsionalnyy issledovatel'skiy universitet informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki, g.Sankt-Peterburg, 2014. – №6. – S.35-40.

Bezmen Petr Anatolievich

Southwest state University, Kursk

Candidate of Sciences, associate professor of the mechanics,
mechatronics and robotics department

305040, Kursk, 50 let Oktyabrya street, 94

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

E-mail: pbezmen@yahoo.com

УДК 621.82

Л.А. САВИН, Н.В. КОМАРОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЯ ДАВЛЕНИЯ В ГИДРОСТАТОДИНАМИЧЕСКОМ ПОДШИПНИКЕ С АЭРИРОВАННОЙ СМАЗКОЙ

Аннотация. *В работе сформирована математическая и алгоритмическая модель расчёта поля давления в гидростатодинамическом радиальном подшипнике скольжения при смазке аэрированной жидкостью, с использованием неравномерной расчётной сетки и учётом геометрии смазочного отверстия. Рассмотрены численные решения нескольких вариантов уравнения Рейнольдса. Приведены расчётные соотношения для определения теплофизических параметров смазочного материала на основе гомогенной модели.*

Ключевые слова: гидростатодинамический подшипник, вычислительный алгоритм и программа расчёта, поле давления, аэрированная смазка, гомогенная модель, неравномерная расчётная сетка, коэффициент турбулентности, теплофизические свойства.

Представленная в статье математическая модель и алгоритм определения поля давления в ГСДП выполнены в рамках проекта РНФ № 16-18-001816, проектирование экспериментальной установки и методики опытных исследований проводилось в рамках проекта государственного задания №9.2952.2017/ПЧ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кицинский, Д. Влияние аэрации масла на статистические и динамические характеристики радиальных гидродинамических подшипников скольжения / Д. Кицинский // РЖММ, 1984. – №2. – с. 48. 431.
2. Фэн, Н. Влияние пузырьков газа на характеристики демпфера со сдвигаемой пленкой / Н. Фэн, Е. Хан // Проблемы трения и смазки. – 1987. – с. 87–93.
3. Ефоян, А.С. Влияние газосодержания в рабочей жидкости на устойчивость роторов на гидростатических подшипниках / А.С. Ефоян, В.Г. Зоря, В.В. Усик // Исследование и проектирование гидростатических опор и уплотнений быстроходных машин. – Харьков: Изд-во ХАИ, 1976. – Вып. 3. – С. 78–82.
4. Савин, Л.А. Расчет динамических характеристик роторов на гидростатических подшипниках, смазываемых криогенными жидкостями / Л.А. Савин // Исследование гидростатических опор и уплотнений двигателей летательных аппаратов. – Харьков: ХАИ, 1987. – С. 16 – 21.
5. Savin, L. Rotor dynamics on friction bearing with cryogenic lubrication / L. Savin, O. Solomin, D. Ustinov // Tenth World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms: Proceedings. Oulu, Finland: Oulu University. – Vol. 4. – P. 1716 – 1721.
6. Савин, Л.А. Моделирование роторных систем с опорами жидкостного трения: монография / Л.А. Савин, О.В. Соломин. – М.: Машиностроение-1, 2006. – 444 с.
7. Уоллис, Г. Одномерное двухфазное течение / Г. Уоллис. – М.: Мир, 1972. – 440 с.
8. Адаптивный подход к увеличению точности вычислительных моделей гидродинамических опор роторов: автореферат дис.... кандидата технических наук: 05.13.18 / Кольцов Александр Юрьевич; [Место защиты: Тамб. гос. техн. ун-т]. – Тамбов, 2015. – 18 с.
9. Константи́неску, В.Н. Анализ работы подшипников в турбулентном режиме / В.Н. Константи́неску // Техническая механика: Сб. науч. ст. 1964 № 3. С.168 – 176.

Савин Леонид Алексеевич
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
Доктор технических наук, профессор кафедры
мехатроники, механики и робототехники
302020, г.Орёл, Наугорское шоссе, 29
Тел. +79107483766
E-mail: savin@ostu.ru

Комаров Николай Васильевич
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
Ассистент кафедры мехатроники, механики и
робототехники
E-mail: omen-lumen-2@yandex.ru

L.A. SAVIN, N.V. KOMAROV

DETERMINATION OF THE PRESSURE FIELD IN THE HYDROSTATODYNAMIC BEARING AERATED LUBRICANT

Abstract. *The present paper features developed mathematical and algorithmic models of pressure distribution calculation in a hydrostatic journal fluid-film bearing lubricated with an aerated fluid using a non-regular calculation grid to take into account geometry of the supply channel. Numerical solutions of a number of different form of the Reynolds equaiton have been considered. Parts of a program code are presetned. Ratios are presented that could be used to determine thermophysical properties of a lubricating fluid based on a homogeneous model.*

Keywords: *hybrid bearing, calculation algorithm, calculation program, pressure distribution, aerated lubricant, homogeneous model, non-regular calculation grid, turbulence coefficient, thermophysical properties.*

BIBLIOGRAPHY

1. Kitsinskiy, D. Vliyaniye aeratsii masla na statisticheskiye i dinamicheskiye kharakteristiki radialnykh gidrodynamiceskikh podshipnikov skolzheniya / D. Kitsinskiy // RZHHM, 1984. – №2. – с. 48. 431.
2. Fen, N. Vliyaniye puzyrkov gaza na kharakteristiki dempfera so sdavlivayemoy plenkoy / N. Fen, Ye. Khan // Problemy treniya i smazki. – 1987. – с. 87–93.

3. Yefoyan, A.S. Vliyaniye gazosoderzhaniya v rabochey zhidkosti na ustoychivost rotorov na gidrostaticheskikh podshipnikakh / A.S. Yefoyan, V.G. Zorya, V.V. Usik // Issledovaniye i proyektirovaniye gidrostaticheskikh opor i uplotneniy bystrokhodnykh mashin. – Kharkov: Izd-vo KHAi, 1976. – Vyp. 3. – С. 78–82.

4. Savin, L.A. Raschet dinamicheskikh kharakteristik rotorov na gidrostaticheskikh podshipnikakh, smazyvayemykh kriogennymi zhidkostyami / L.A. Savin // Issledovaniye gidrostaticheskikh opor i uplotneniy dvigateley letatelnykh apparatov. – Kharkov: KHAi, 1987. – S. 16 – 21.

5. Savin, L. Rotor dynamics on friction bearing with cryogenic lubrication / L. Savin, O. Solomin, D. Ustinov // Tenth World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms: Proceedings. Oulu, Finland: Oulu University. – Vol. 4. – P. 1716 – 1721.

6. Savin, L.A. Modelirovaniye rotornykh sistem s oporami zhidkostnogo treniya: monografiya / L.A. Savin, O.V. Solomin. – M.: Mashinostroyeniye-1, 2006. – 444 s.

7. Uollis, G. Odnomernoye dvukhfaznoye techeniye / G. Uollis. – M.: Mir, 1972. – 440 s.

8. Adaptivnyy podkhod k uvelicheniyu tochnosti vychislitelnykh modeley gidrodinamicheskikh opor rotorov: avtoreferat dis.... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.13.18 / Koltsov Aleksandr Yuryevich; [Mesto zashchity: Tamb. gos. tekhn. un-t]. – Tambov, 2015. – 18 s.

Konstantinesku, V.N. Analiz raboty podshipnikov v turbulentnom rezhime / V.N. Konstantinesku // Tekhnicheskaya mekhanika: Sb. nauch. st. 1964 № 3. S.168 – 176.

Savin Leonid Alekseevich

FGBOU VO «OGU named after I.S. Turgenev», Orel
Doctor of technical Sciences, Professor of mechatronics,
mechanics and robotics
302020, Orel, Naugorskoe st., 29
Tel.: +79107483766
E-mail: savin@ostu.ru

Komarov Nikolay Vasilevich

Orel State University
Assistent of the Department mechatronics, mechanics and
robotics
E-mail: omen-lumen-2@yandex.ru

УДК 615.478.24

Р.Н. ПОЛЯКОВ, Н.Е. ГРИЩЕНКО

МЕХАТРОННАЯ ИЗОПОВЕРХНОСТЬ НА БАЗЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ

Аннотация. В статье представлена концепция создания мехатронной изоповерхности с контролируемым положением по высоте и давлению для применения в реабилитационном оборудовании медицинских учреждений. Применение синергетического принципа проектирования параллельных приводов несущих элементов поверхности позволяет добиться требуемого положения пациента для самых различных клинических случаев. Использование электромеханического привода позволяет добиться выполнения жестких условий безопасности и безотказности, предъявляемых к медицинскому оборудованию.

Ключевые слова: мехатронные приводы, передача винт-гайка, реабилитация, степень анатомичности, латеральная терапия, противопролежневый массаж, позиция Фаулера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вагин, А.А. Оценка динамики реабилитации базовых проблемных функций у больных с травматической болезнью спинного мозга при применении автоматизированной реабилитационной кровати КМФ-01 / А.А. Вагин, А.Д. Кучеренко, Е.Г. Тылюдина // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова 2010, т. 5, № 2. С.114-120.

2. Коган, О.Г. Медицинская реабилитация в неврологии и нейрохирургии / О.Г. Коган, В.Л. Найдин. – М., Медицина, 1988. – 304 с.

3. Бонев, Л. Руководство по кинезиотерапии / Л. Бонев, П. Слычев, С.Т. Банков. – 1978, 354 с.

4. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х томах, Том 1. - 8-е изд., перераб. и доп. / Под ред. И. Н. Жестковой. - М.: Машиностроение, 2001. - 920 с., ил.

Поляков Роман Николаевич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный
университет имени И.С. Тургенева»
Доктор технических наук, доцент кафедры
мехатроника, механика и робототехника
302020, г.Орёл, Наугорское шоссе, 29

Грищенко Никита Евгеньевич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный
университет имени И.С. Тургенева»
Студент
302020, г.Орёл, Наугорское шоссе, 29
Тел. +79200814861

R.N. POLYAKOV, N.E. GRISHCHENKO

MECHATRONIC ISOPROOF ON THE BASE OF PARALLEL ELECTROMECHANICAL DRIVES

Abstract. *The article presents the concept of creating a mechatronic isosurface with a controlled position in height and pressure for use in rehabilitation equipment of medical institutions. The use of the synergistic principle of designing parallel drives of surface bearing elements allows to achieve the desired position of the patient for a variety of clinical cases. The use of an electromechanical drive makes it possible to achieve the fulfillment of stringent conditions of safety and lack of accountability for medical equipment.*

Keywords: *mechatronic drives, screw-nut transfer, rehabilitation, degree of anatomicality, lateral therapy, anti-decubitus massage, Fowler position.*

BIBLIOGRAPHY

1. Vagin, A.A. Otsenka dinamiki reabilitatsii bazovykh problemnykh funktsiy u bolnykh s travmaticheskoy bolezyu spinnogo mozga pri primeneni avtomatizirovannoy reabilitatsionnoy krovati KMF-01 / A.A. Vagin, A.D. Kucherenko, Ye.G. Tylyudina // Vestnik Natsionalnogo mediko-khirurgicheskogo Tsentra im. N.I. Pirogova 2010, t. 5, No 2. S.114-120.

2. Kogan, O.G. Meditsinskaya reabilitatsiya v nevrologii i neirokhirurgii / O.G. Kogan, V.L. Naïdin. – M., Meditsina, 1988. – 304 s.

3. Bonev, L. Rukovodstvo po kinezioterapi / L. Bonev, P. Slynchev, S.T. Bankov. – 1978, 354 s.

4. Anuryev, V.I. Spravochnik konstruktora-mashinostroytelya: V 3-kh tomakh, Tom 1. - 8-ye izd., pererab. i dop. / Pod red. I. N. Zhestkovoy. - M.: Mashinostroyeniye, 2001. - 920 s., il.

Polakov Roman Nirolaevith

Orel State University named after I.S. Turgenev
Doctor of Technical Science, Associate Professor at
the Department of mechatronics, mechanics and
robotics
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph.: +79038819381
E-mail: romanpolak@mail.ru,

Grisenko Nikita Evgenievich

Orel State University named after I.S. Turgenev
Student
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph.: +79200814861
E-mail: overdose18@mail.ru,

ПРИБОРЫ, БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 612.15

Д.Д. СТАВЦЕВ, М.В. ВОЛКОВ, Н.Б. МАРГАРЯНЦ, А.В. ПОТЁМКИН,
В.В. ДРЁМИН, И.Н. МАКОВИК, Л.С. ХАХИЧЕВА, В.Ф. МУРАДЯН,
К.В. ПОДМАСТЕРЬЕВ, А.В. ДУНАЕВ

СОВМЕСТНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОГЕМОДИНАМИКИ ПРИ РЕВМАТИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

Аннотация. *Одним из характерных проявлений широкого спектра ревматических заболеваний являются нарушения микрогемодинамики. При этом изменения в микроциркуляторном русле возникают задолго до начала проявления видимых симптомов заболевания. В данной работе показано одновременное применение методов видеокапилляроскопии и лазерной доплеровской флоуметрии для неинвазивной оценки параметров микроциркуляции крови у условно здоровых добровольцев и пациентов, имеющих ревматические*

заболевания. Для оценки функционального состояния микроциркуляторной системы в данном исследовании применялась холодовая прессорная проба. Была зарегистрирована реакция периферической системы кровообращения на холодовое воздействие.

Ключевые слова: видеокapилляроскопия, лазерная доплеровская флоуметрия, скорость капиллярного кровотока, ревматические заболевания, микроциркуляторные нарушения, холодовая прессорная проба.

Данная работа поддержана грантом РФФИ (проект № 17-41-590560) и министерством науки и высшего образования РФ (проект № 8.2501.2017/4.6).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dixon, J.B. Measuring microlymphatic flow using fast video microscopy / J.B. Dixon // Journal of biomedical optics. – 2005. – Т. 10. – №. 6. – С. 064016.
2. Gurov I. High-speed video capillaroscopy method for imaging and evaluation of moving red blood cells / I. Gurov // Optics and Lasers in Engineering. – 2018. – Т. 104. – С. 244-251.
3. Сидоров, В.В. Лазерные технологии для комплексной неинвазивной диагностики микрогемодинамики, транспорта кислорода и состояния обменных процессов в биоткани / В.В. Сидоров, В.М. Гусаков // Медицина и высокие технологии. – 2013. – №. 1. – С. 42.
4. Запрягаева, М.Е. Функциональное состояние эндотелия и его роль в патогенезе некоторых ревматических заболеваний / М.Е. Запрягаева, Э.С. Мач // Научно-практическая ревматология. – 2003. – №. 3.
5. Makovik, I.N. Detection of angiospastic disorders in the microcirculatory bed using laser diagnostics technologies / I.N. Makovik // Journal of Innovative Optical Health Sciences. – 2018. – Т. 11. – №. 01. – С. 1750016.
6. Karimov, K.A. The phase correlation algorithm for stabilization of capillary blood flow video frames / K.A. Karimov, M.V. Volkov // Videometrics, Range Imaging, and Applications XIII. – International Society for Optics and Photonics, 2015. – Т. 9528. – С. 952810.
7. Volynsky, M.A. Blood peripheral circulation assessment method based on combined use of the video-capillaroscopy, imaging photoplethysmography, and electrocardiography / M.A. Volynsky, M.V. Volkov // Imaging and Applied Optics. 2016. OSA Tech. Dig., paper JT3A.26.
8. Cutolo, M. Raynauds phenomenon and the role of capillaroscopy / M. Cutolo, W. Grassi, M. Matucci Cerinic // Arthritis & rheumatism. – 2003. – Т. 48. – №. 11. – С. 3023-3030.
9. Volkov, M.V. Evaluation of blood microcirculation parameters by combined use of laser Doppler flowmetry and videocapillaroscopy methods // Saratov Fall Meeting 2016: Optical Technologies in Biophysics and Medicine XVIII. – International Society for Optics and Photonics, 2017. – Т. 10336. – С. 1033607.
10. Ammer, K. Cold challenge to provoke a vasospastic reaction in fingers determined by temperature measurements: a systematic review // Thermol Int. – 2009. – Т. 19. – №. 4. – С. 109-18.
11. Harada, N. Cold-stress tests involving finger skin temperature measurement for evaluation of vascular disorders in hand-arm vibration syndrome: review of the literature // International archives of occupational and environmental health. – 2002. – Т. 75. – №. 1-2. – С. 14-19.
12. Bartelink, M.L. A standardized finger cooling test for Raynauds phenomenon: diagnostic value and sex differences // European heart journal. – 1993. – Т. 14. – №. 5. – С. 614-622.
13. Etehad Tavakol, M. Nailfold capillaroscopy in rheumatic diseases: which parameters should be evaluated? // BioMed research international. – 2015. – Т. 2015.
14. Dunaev, A.V. Investigating tissue respiration and skin microhaemocirculation under adaptive changes and the synchronization of blood flow and oxygen saturation rhythms / A.V. Dunaev, // Physiological Measurement. – 2014. – Т. 35. – №. 4. – С. 607.

Ставцев Дмитрий Дмитриевич
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл, Россия
Магистр направления «Биотехнические системы и технологии», направленность «Биомедицинская фотоника и электроника»
302020, Орел, Наугорское шоссе, 29
Тел.: +7-953-611-80-23
E-mail: stavtsev.dmitry@gmail.com

Волков Михаил Владимирович
Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия
Кандидат технических наук, доцент
197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д.49.
Тел.: +7-921-748-27-98
E-mail: ph-m.volkov@yandex.ru

Маргарянц Никита Борисович
Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия
Кандидат технических наук, старший преподаватель
197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д.49.
Тел.: +7-905-219-19-38
E-mail: nikita.optic@gmail.com

Потёмкин Андрей Владимирович
Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия
Магистр направления «Прикладная

Дрёмин Виктор Владимирович
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл, Россия
Кандидат технических наук,

Маковик Ирина Николаевна
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл, Россия
Кандидат технических наук, научный

информатика»
197101, г. Санкт-Петербург,
Кронверкский пр., д.49.
Тел.: 7-999-207-02-24
E-mail: appanpotemkin@gmail.com

научный сотрудник научно-
технологического центра
биомедицинской фотоники
302020, Орел, Наугорское шоссе, 29
Тел.: +7-953-612-77-13
E-mail: dremin_viktor@mail.ru

сотрудник научно-технологического
центра биомедицинской фотоники
302020, Орел, Наугорское шоссе, 29
Тел.: +7-961-627-87-37
E-mail: irina.makovik@gmail.com

Хахичева Людмила Сергеевна
БУЗ Орловской области
«Орловская областная клиническая
больница», г. Орёл, Россия
Главный внештатный специалист,
заведующая ревматологическим
отделением БУЗ Орловской
области «Орловская областная
клиническая больница»
302028, Орёл, бульвар Победы, 10
Тел.: +7-903-882-09-33

Мурадян Вадим Феликсович
БУЗ Орловской области
«Орловская областная
клиническая больница», г. Орёл,
Россия
Главный врач БУЗ Орловской
области «Орловская областная
клиническая больница»
302028, Орёл, бульвар Победы, 10
E-mail: clinic@orel.ru

Подмастерьев Константин Валентинович
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С.
Тургенева», г. Орёл, Россия
Доктор технических наук, профессор,
директор Института
приборостроения, автоматизации и
информационных технологий
302020, г. Орёл, Наугорское шоссе
Тел.: +7-4862-41-98-76
E-mail: asms-orel@mail.ru

Дунаев Андрей Валерьевич
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С.
Тургенева», г. Орёл, Россия
Кандидат технических наук,
доцент, ведущий научный
сотрудник научно-
технологического центра
биомедицинской фотоники
302020, Орел, Наугорское шоссе, 29
Тел.: +7-4862-41-98-06
E-mail: dunaev@bmecenter.ru

D.D. STAVTSEV, M.V. VOLKOV, N.B. MARGARYANTS, A.V. POTEKIN,
V.V. DREMIN, I.N. MAKOVIK, L.S. KHAKHICHEVA, V.F. MURADYAN,
K.V. PODMASTERYEV, A.V. DUNAEV

COMBINED USE OF OPTICAL METHODS FOR THE INVESTIGATION OF THE PARAMETERS OF MICROHEMODYNAMICS IN RHEUMATIC DISEASES

Abstract. *One of the characteristic manifestations of a wide range of rheumatic diseases are microhemodynamic disorders. At the same time, changes in the microvasculature begin long before the onset of visible symptoms of the disease. The paper shows the combined use of videocapillaroscopy (VCS) and Laser Doppler Flowmetry (LDF) for non-invasive evaluation of microcirculation parameters in healthy volunteers and patients with rheumatic diseases. To assess the functional state of the microcirculatory system in this study cold pressor test (CPT) was used. A reaction of the peripheral circulatory system to cold exposure was recorded.*

Keywords: *videocapillaroscopy, Laser Doppler Flowmetry, velocity of capillary blood flow, microcirculatory disorders, rheumatic diseases, cold pressor test.*

BIBLIOGRAPHY

1. Dixon, J.B. Measuring microlymphatic flow using fast video microscopy / J.B. Dixon // Journal of biomedical optics. – 2005. – T. 10. – №. 6. – S. 064016.
2. Gurov I. High-speed video capillaroscopy method for imaging and evaluation of moving red blood cells / I. Gurov // Optics and Lasers in Engineering. – 2018. – T. 104. – S. 244-251.

3. Sidorov, V.V. Lazernyye tekhnologii dlya kompleksnoy neinvazivnoy diagnostiki mikrogemodinamiki, transporta kisloroda i sostoyaniya obmennyykh protsessov v biotkani / V.V. Sidorov, V.M. Gusakov // *Meditcina i vysokie tekhnologii*. – 2013. – №. 1. – S. 42.
4. Zapryagayeva, M.Ye. Funktsionalnoye sostoyaniye endoteliya i yego rol v patogeneze nekotorykh revmaticheskikh zabolevaniy / M.Ye. Zapryagayeva, E.S. Mach // *Nauchno-prakticheskaya revmatologiya*. – 2003. – №. 3.
5. Makovik, I.N. Detection of angiospastic disorders in the microcirculatory bed using laser diagnostics technologies / I.N. Makovik // *Journal of Innovative Optical Health Sciences*. – 2018. – T. 11. – №. 01. – S. 1750016.
6. Karimov, K.A. The phase correlation algorithm for stabilization of capillary blood flow video frames / K.A. Karimov, M.V. Volkov // *Videometrics, Range Imaging, and Applications XIII*. – International Society for Optics and Photonics, 2015. – T. 9528. – S. 952810.
7. Volynsky, M.A. Blood peripheral circulation assessment method based on combined use of the video-capillaroscopy, imaging photoplethysmography, and electrocardiography / M.A. Volynsky, M.V. Volkov // *Imaging and Applied Optics*. 2016. OSA Tech. Dig., paper JT3A.26.
8. Cutolo, M. Raynauds phenomenon and the role of capillaroscopy / M. Cutolo, W. Grassi, M. Matucci Cerinic // *Arthritis & rheumatism*. – 2003. – T. 48. – №. 11. – S. 3023-3030.
9. Volkov, M.V. Evaluation of blood microcirculation parameters by combined use of laser Doppler flowmetry and videocapillaroscopy methods // *Saratov Fall Meeting 2016: Optical Technologies in Biophysics and Medicine XVIII*. – International Society for Optics and Photonics, 2017. – T. 10336. – S. 1033607.
10. Ammer, K. Cold challenge to provoke a vasospastic reaction in fingers determined by temperature measurements: a systematic review // *Thermol Int*. – 2009. – T. 19. – №. 4. – S. 109-18.
11. Harada, N. Cold-stress tests involving finger skin temperature measurement for evaluation of vascular disorders in hand-arm vibration syndrome: review of the literature // *International archives of occupational and environmental health*. – 2002. – T. 75. – №. 1-2. – S. 14-19.
12. Bartelink, M.L. A standardized finger cooling test for Raynauds phenomenon: diagnostic value and sex differences // *European heart journal*. – 1993. – T. 14. – №. 5. – S. 614-622.
13. Etehad Tavakol, M. Nailfold capillaroscopy in rheumatic diseases: which parameters should be evaluated? // *BioMed research international*. – 2015. – T. 2015.
14. Dunaev, A.V. Investigating tissue respiration and skin microhaemocirculation under adaptive changes and the synchronization of blood flow and oxygen saturation rhythms / A.V. Dunaev, // *Physiological Measurement*. – 2014. – T. 35. – №. 4. – S. 607.

Stavtsev Dmitry Dmitrievich

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia
Master of Biotechnical Systems and Technologies, «Biomedical photonics and electronics» direction
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph.: +7-953-611-80-23
E-mail: stavtsev.dmitry@gmail.com

Volkov Mikhail Vladimirovich

ITMO University, Saint-Petersburg, Russia
Ph.D., assistant professor
197101, Saint-Petersburg, Kronverksky Pr., 49
Ph.: +7-905-219-19-38
E-mail: ph-m.volkov@yandex.ru

Margaryants Nikita Borisovich

ITMO University, Saint-Petersburg, Russia
Ph.D., Senior Lecturer
197101, Saint-Petersburg, Kronverksky Pr., 49
Ph.: +7-905-219-19-38
E-mail: nikita.optic@gmail.com

Potemkin Andrey Vladimirovich

ITMO University, Saint-Petersburg, Russia
Master of Applied Informatics
197101,
Ph.: +7-999-207-02-24
E-mail: appanpotemkin@gmail.com

Dremin Viktor Vladimirovich

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia
Ph.D., researcher of Research and Development Center of Biomedical Photonics
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph.: +7-953-612-77-13
E-mail: dremin_viktor@mail.ru

Makovik Irina Nikolaevna

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia
Ph.D., researcher of Research and Development Center of Biomedical Photonics
302020, Orel, Naugorskoe Shosse, 29
Ph.: +7-961-627-87-37
E-mail: irina.makovik@gmail.com

Khakhicheva Lyudmila Sergeevna

Orel Regional Clinical Hospital, Orel, Russia
Chief of rheumatology unit of Orel Regional Clinical Hospital
302028, Orel, bulvar Pobedy, 10
Ph.: +7-903-882-09-33

Muradyan Vadim Feliksovich

Orel Regional Clinical Hospital, Orel, Russia
Head doctor of Orel Regional Clinical Hospital
302028, Orel, bulvar Pobedy, 10
E-mail: clinic@orel.ru

Podmasteryev Konstantin Valentinovich

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia
Doctor of Technical Sciences, professor, director of Institute of Instrument Engineering, Automation and Information Technologies

302020, Orel, Naugorskoe Shosse,
Ph.: +7-4862-41-98-76
E-mail: asms-orel@mail.ru

Dunaev Andrey Valerievich
Orel State University named after
I.S. Turgenev, Orel, Russia
Ph.D., leading researcher of
Research and Development Center
of Biomedical Photonics
302020, Orel, Naugorskoe Shosse,
Ph.: +7-4862-41-98-06
E-mail: dunaev@bmccenter.ru

УДК 616 – 079.2

Е.О. БРЯНСКАЯ, И.Н. МАКОВИК, О.А. БИБИКОВА, А.В. ДУНАЕВ,
О. МИНЭ, У. ЗАБАРИЛО, Е.Г. ФЕЛИКСБЕРГЕР, В.Г. АРТЮШЕНКО

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЦИФРОВОЙ ДИАФАНОСКОПИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОКОЛОНОСОВЫХ ПАЗУХ

Аннотация. Диагностика воспалительных заболеваний околоносовых пазух (ОНП) является одной из актуальных проблем в современной оториноларингологии. Работа посвящена изучению и анализу существующих методов диагностики воспалительных заболеваний ОНП. На основе проведённого обзора и предварительных исследований сделан вывод о перспективности применения метода цифровой диафаноскопии, что позволяет преодолеть недостатки, свойственные применению рассмотренных методов.

Ключевые слова: оптическая диагностика, диафаноскопия, околоносовые пазухи, воспалительные заболевания.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук № МК-2634.2019.8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бицаева, А.В. Анализ госпитализированной заболеваемости и оценка деятельности ЛОР-отделения многопрофильного стационара / А.В. Бицаева, В.И. Попадюк, А.В. Фомина // Вестник РУДН, серия Медицина. – 2012. – № 4. – С. 110-114.
- 2 Сергеев, С.В. Особенности заболеваний околоносовых пазух среди взрослого населения Пензенской области за период 2008-2012 годы / С.В. Сергеев, Е.С. Григорькина, Т.Н. Юдина // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 7-2. – С. 399-402.
- 3 Волков, А.Г. Заболевания носа и околоносовых пазух у беременных. Особенности диагностики (Обзор литературы) / А.Г. Волков, Н.В. Бойко, И.В. Стагниева // Российская оториноларингология. Медицинский научно-практический журнал. – 2017. – №2 (87). – С. 113-119.
- 4 Kanwar, S.S. Evaluation of paranasal sinus diseases by computed tomography and its histopathological correlation / S.S. Kanwar, M. Mital, P.K. Gupta, S. Saran, N. Parashar, A. Singh // Journal of Oral and Maxillofacial Radiology. – 2017. – 5 (2). – P. 46-52.
- 5 Пат. 2657940 Российская Федерация, МПК A61B 5/01 (2006.01) A61B 1/04 (2006.01). Способ диагностики заболеваний верхнечелюстных пазух пациента и устройство для его осуществления / В.Г. Артюшенко, В.Г. Агеев, Г.Л. Даниелян, О. Минэ, У. Забарилло; заявитель и патентообладатель Арт фотоникс ГмбХ (DE). – № 2017115320; заявл. 02.05.2017; опубл. 18.06.2018, Бюл. № 17. – 8 с.: ил.
- 6 Волков, А.Г. Цифровая диафаногрaфическая диагностика фронтита / А.Г. Волков, К.К. Грошков // Вестник оториноларингологии. – 2010. – № 4. – С. 58-62.
- 7 Digitale Diaphanoskopie der Nasennebenhöhlen / Arbeitsgruppe Medizinische Physik und Optische Diagnostik Charité – Universitätsmedizin Berlin // Technologiereport Medizinische Bildgebung Berlin-Brandenburg 2012-2013. – 2013. – P. 30-31.
- 8 Zadorozhnyy, O.S. Infrared thermography of external ocular surface in patients with absolute glaucoma in transscleral cyclophotocoagulation: a pilot study / O.S. Zadorozhnyy, O.V. Guzun, A.Iu. Bratishko, T.B. Kustryn, I.O. Nasinnyk, A.R. Korol // Journal of Ophthalmology. – 2018. – №2 (481). – P. 23-28.

9 Bennett, A. Breast cancer early detection via tracking of skin back-scattered secondary speckle patterns / A. Bennett, T. Sirkis, Y. Beiderman, S. Agdarov, Y. Beiderman, Z. Zalevsky // Proc. SPIE 10506, Nanoscale Imaging, Sensing, and Actuation for Biomedical Applications XV, 1050603.

10 Márquez, S. Anatomy of the Nose and Paranasal Sinuses / S. Márquez, W. Lawson, S.D. Schaefer, A.S. Pagano, M. Papaxanthos, B.N. Delman, J.T. Laitman // A Comprehensive Textbook of Diagnosis and Treatment – Diseases of the Sinuses. – Springer Science+Business Media New York – 2014. – P. 3-44.

11 Incaudo, G.A. Immunobiology of Chronic Rhinosinusitis / G.A. Incaudo, C.C. Chang // A Comprehensive Textbook of Diagnosis and Treatment – Diseases of the Sinuses. – Springer Science+Business Media New York – 2014. – P. 57-72.

12 Mafee, M.F. Imaging of the paranasal sinuses: plain-film radiography, Computed Tomography, and Magnetic Resonance Imaging / M.F. Mafee, N. Farid, W.Y. Lim // A Comprehensive Textbook of Diagnosis and Treatment – Diseases of the Sinuses. – Springer Science+Business Media New York – 2014. – P. 295-323.

13 Пальчун, В.Т. Оториноларингология: Учебник/ В.Т. Пальчун, М.М. Магомедов, Л.А. Лучихин. – М.: Медицина, 2002. – 576 с.

14 Колпаков, А.В. Использование метода инфракрасной диафаноскопии для оценки состояния мягких тканей ротовой полости в стоматологии / А.В. Колпаков, А.Л. Макаров, И.Н. Спиридонов // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана, (12). – 2013. – С. 297-306.

Брянская Екатерина Олеговна
Орловский государственный
университет имени И.С. Тургенева,
г. Орел,
аспирант кафедры
«Приборостроение, метрология и
сертификация»
г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95
Тел.: (4862) 41 98 76
E-mail: bryanskayae@mail.ru

Маковик Ирина Николаевна
Орловский государственный
университет имени И.С. Тургенева,
г. Орел
кандидат технических наук,
научный сотрудник
г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95
Тел.: (4862) 41 98 76
E-mail: irina.makovik@gmail.com

Бибикова Ольга Александровна
art photonics GmbH, г. Берлин,
Германия
кандидат технических наук
руководитель отдела исследований
и разработок
E-mail: olyabibikova@gmail.com

Дунаев Андрей Валерьевич
Орловский государственный
университет имени И.С. Тургенева,
г. Орел,
кандидат технических наук в.н.с.
научно-технологического центра
биомедицинской фотоники, доцент
кафедры «Приборостроение,
метрология и сертификация»
г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95
Тел: (4862) 41 98 76
E-mail: dunaev@bmecenter.ru

Минэ Олаф
Charité Universitätsmedizin Berlin, г.
Берлин, Германия
кандидат технических наук
научный сотрудник
E-mail: olaf.minet@charite.de

Забарило Урсулла Йоанна
Charité – Berlin University of
Medicine, г. Берлин, Германия
Научный сотрудник
E-mail: urszula.zabarylo@charite.de

Феликсбергер Елена
art photonics GmbH, г. Берлин,
Германия
инженер
E-mail: ef@artphotonics.de

Артюшенко Вячеслав Григорьевич
art photonics GmbH, г. Берлин, Германия
кандидат технических наук президент
E-mail: sa@artphotonics.com

E.O. BRYANSKAYA, I.N. MAKOVIK, O.A. BIBIKOVA, A.V. DUNAEV,
O. MINET, U. ZABARYLO, E. FELIKSBERGER, V.G. ARTYUSHENKO

APPLICATION OF THE METHOD OF DIGITAL DIAFANOSCOPY FOR THE DIAGNOSTICS OF INFLAMMATORY DISEASES OF THE PARANASAL SINUS

Abstract. *Diagnosis of inflammatory diseases of the paranasal sinuses is one of the actual problems in modern otorhinolaryngology. The work is devoted to the study and analysis of existing methods of diagnosis of inflammatory diseases of the paranasal sinuses. Based on the review, it was concluded that the application of the digital diaphanoscopy method is perspective, which makes it possible to overcome the shortcomings inherent in the application of the considered methods.*

Keywords: *optical diagnostics, diaphanoscopy, paranasal sinuses, inflammatory diseases.*

BIBLIOGRAPHY

- 1 Bicaeva, A.V. Analiz gospitalizirovannoi zabolevaemosti I ozenka deyatelnosti LOR-otdeleniya mnogo-profilnogo stacionara / A.V. Bicaeva, V.I. Popaduk, A.V. Fomina // Vestnik RUDN, seriya Medicina. – 2012. – №4. – S. 110-114.
- 2 Sergeev, S.V. Osobennosti zabolevaniy okolonosovih pazuh sredi vzroslogo naseleniya penzenskoi oblasti za period 2008-2012 godi / S.V. Sergeev, E.S. Grigorkina, T.N. Yudina // Fundamentalnie isledovaniya. – 2013. – №7-2. – S. 399-402.
- 3 Volkov, A.G. Zabolevaniy nosa I okolonosovih pazuh u beremennih. Osobennosti dignostiki (Obzor literaturi) / A.G. Volkov, N.V. Boiko, I.V. Stagnieva // Rossiiskaya otorinolaringologiya. Medicinskii nucho-prakticheskii jurnal. – 2017. – №2 (87). – S. 113-119.
- 4 Kanwar, S. Evaluation of paranasal sinus diseases by computed tomography and its histopathological correlation / S.S. Kanwar, M. Mital, P.K. Gupta, S. Saran, N. Parashar, A. Singh // Journal of Oral and Maxillofacial Radiology. – 2017. – 5 (2). – P. 46-52.
- 5 Pat. 2657940 Rossiiskaya Federaciya, MPK A61B 5/01 (2006.01) A61B 1/04 (2006.01). Sposob diagnostiki zabolevaniy verhnichelustnih pazuh pacienta I ustroystvo dlya ego osushchestvleniya / V.G. Artushenko, V.G. Ageev, G.L. Danielyan, Mine Olaf, Zabariilo Ursulla Ioanna; zayavitel I patentoobladatel Art Photonics GMB (DE) – № zayavka; №2017115320; zayavl. 02.05.2017; opubl. 18.06.2018, Byul. № 17. – 8 s.: il.
- 6 Volkov, A.G. Cifrovaya diafanograficheskaya diagnostika frontita / A.G. Volkov, K.K. Groshkov // Vestnik otorinolaringologii. – 2010. – №4. – S. 58-62.
- 7 Digitale Diaphanoskopie der Nasennebenhöhlen / Arbeitsgruppe Medizinische Physik und Optische Diagnostik Charité – Universitätsmedizin Berlin // Technologiereport Medizinische Bildgebung Berlin-Brandenburg 2012-2013. – 2013. – P. 30-31.
- 8 Zadorozhnyy, O.S. Infrared thermography of external ocular surface in patients with absolute glaucoma in transscleral cyclophotocoagulation: a pilot study / O.S. Zadorozhnyy, O.V. Guzun, A.Iu. Bratishko, T.B. Kustryn, I.O. Nasinnyk, A.R. Korol // Journal of Ophthalmology. – 2018. – №2 (481). – P. 23-28.
- 9 Bennett, A. Breast cancer early detection via tracking of skin back-scattered secondary speckle patterns / A. Bennett, T. Sirkis, Y. Beiderman, S. Agdarov, Y. Beiderman, Z. Zalevsky // Proc. SPIE 10506, Nanoscale Imaging, Sensing, and Actuation for Biomedical Applications XV, 1050603.
- 10 Márquez, S. Anatomy of the Nose and Paranasal Sinuses / S. Márquez, W. Lawson, S.D. Schaefer, A.S. Pagano, M. Papaxanthos, B.N. Delman, J.T. Laitman // A Comprehensive Textbook of Diagnosis and Treatment – Diseases of the Sinuses. – Springer Science+Business Media New York – 2014. – P. 3-44.
- 11 Incaudo, G.A. Immunobiology of Chronic Rhinosinusitis / G.A. Incaudo, C.C. Chang // A Comprehensive Textbook of Diagnosis and Treatment – Diseases of the Sinuses. – Springer Science+Business Media New York – 2014. – P. 57-72.
- 12 Mafee, M.F. Imaging of the paranasal sinuses: plain-film radiography, Computed Tomography, and Magnetic Resonance Imaging / M.F. Mafee, N. Farid, W.Y. Lim // A Comprehensive Textbook of Diagnosis and Treatment – Diseases of the Sinuses. – Springer Science+Business Media New York – 2014. – P. 295-323.
- 13 Palchun, V.T. Otorinolaringologiya: Uchebnik / V.T. Palchun, M.M. Magomedov, L.A. Luchihin. – M.: Medicina, 2002. – 576 c.
- 14 Kolpakov, A.V. Ispolzovanie metoda infrakrasnoi diafanoskopii dlya ocenki sostoyaniya myagkih tkanei rotovoi polosti v stomatologii / A.V. Kolpakov, A.V. Makarov, I.N. Spiridonov // Nauka I obrazovanie: nauchnoe izdanie MGTU im. N.E. Bauman, (12). – 2013. – S.297-306.

Bryanskaya Ekaterina Olegovna
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel,
Postgraduate Student of the
Department «Instrument Engineering,
Metrology and Certification»,
Orel, st. Komsomolskaya, 95
Phone.: (4862) 41 98 76
E-mail: bryanskayae@mail.ru

Makovik Irina Nikolaevna
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel,
Ph.D., postdoctoral researcher
Orel, st. Komsomolskaya, 95
Phone.: (4862) 41 98 76
E-mail: irina.makovik@gmail.com

Bibikova Olga Aleksandrovna
art photonics GmbH, Berlin,
Germany
Ph.D., Head of Research and
Development
E-mail: olyabibikova@gmail.com

Dunaev Andrey Valerevich
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel,
Ph.D., assistant professor
«Instrument engineering, metrology
and certification»,
Orel, st. Komsomolskaya, 95
Phone.: (4862) 41 98 76
E-mail: dunaev@bmccenter.ru

Olaf Mine
Charité Universitätsmedizin Berlin,
Berlin, Germany
Dr., postdoctoral researcher
E-mail: olaf.minet@charite.de

Ursulla Zabariilo
Charité – Berlin University of
Medicine, Berlin, Germany
Postdoctoral researcher
E-mail: urszula.zabarylo@charite.de

Feliksberger Elena

art photonics GmbH, Berlin,
Germany
Engineer
E-mail: ef@artphotonics.de

Artyushenko Vyacheslav Grigorievich

art photonics GmbH, Berlin, Germany
Ph.D., president
E-mail: sa@artphotonics.com

УДК 537.621.4

А.В. САНДУЛЯК, Д.А. САНДУЛЯК, В.А. ЕРШОВА, Р.Ю. ТКАЧЕНКО,
А.А. САНДУЛЯК, М.Н. ПОЛИСМАКОВА

МАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ «КОРОТКОГО» ПОРИСТОГО МАГНЕТИКА: НА ПРИМЕРЕ ЗАСЫПКИ ШАРОВ

Аннотация. В связи с известным применением пористых магнетиков в качестве рабочих органов различных аппаратов и измерительных устройств, указывается на необходимость получения информации о магнитных параметрах «коротких» образцов этих магнетиков. Анализируются полевые зависимости индукции в цилиндрических пористых образцах относительной длины $L/D = 1-22,5$, состоящих из засыпок шарикоподшипниковых шаров, в намагничивающем поле напряженностью 25-163 кА/м. Анализируются также полученные на их основе полевые зависимости магнитной проницаемости, восприимчивости и намагниченности этих образцов. Демонстрируются зависимости указанных магнитных параметров от L/D , которые при $L/D \geq 10-12$ (намного меньше чем для сплошных магнетиков) становятся автомоделными, тем самым свидетельствуя о достижении значений этих параметров, присущих «материалу» (квазисплошному) таких образцов. Отмечается отсутствие признаков их магнитного насыщения. В имеющемся феноменологическом выражении для размагничивающего фактора «коротких» образцов типа убывающей экспоненты, где в показателе степени фигурирует радикал величины L/D , раскрыт функциональный (степенной в зависимости от напряженности поля, магнитной проницаемости и восприимчивости) вид его параметра-сомножителя, считавшегося ранее константой.

Ключевые слова: пористый образец, относительная длина, магнитные характеристики: индукция, проницаемость, восприимчивость, намагниченность, размагничивающий фактор.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по Госзаданию в сфере научной деятельности № 9.9626.2017.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sandulyak A.A., Sandulyak A.V., Ershova V.A., Polismakova M.N., Sandulyak D.A. Use of the Magnetic Test-filter for Magnetic Control of Ferroimpurities of Fuels, Oils, and Other Liquids (Phenomenological and Physical Models) // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2017. – Vol. 426. – P. 714–720.
2. Сандуляк А.В., Свистунов Д.И., Сандуляк Д.А., Ершова В.А. Дискретно-накопительный магнитоконтроль железосодержащих примесей в бензинах // Химия и технология топлив и масел. – 2012. – № 5. – С. 18-22.
3. Diguët G., Beaunon E., Cavallé J.Y. Shape effect in the magnetostriction of ferromagnetic composite // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2010. – Vol. 322. – P. 3337–3341.
4. Anhalt M., Weidenfeller B., Mattei J.-L. Inner demagnetization factor in polymer-bonded soft magnetic Composites // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2008. – Vol. 320. – P. e844–e848.
5. Skomski R., Hadjipanayis G.C., Sellmyer D.J. Effective Demagnetizing Factors of Complicated Particle Mixtures // IEEE Transactions on Magnetics. – June 2007. – Vol. 43. – No. 6. – P. 2956-2958.
6. Chen D.-X., Brug J.A., Goldfarb R.B. Demagnetizing factors for cylinders // IEEE Transactions on Magnetics. – 1991. – Vol. 27 (4). – P. 3601-3619.
7. Сандуляк, А.В. Очистка жидкостей в магнитном поле. – Вища школа (изд. при Львовском госуниверситете), 1984. – 167с.
8. Bjork R., Zhou Z. The demagnetization factor for randomly packed spheroidal particles // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2019. – Vol. 476. – P. 417-422.
9. Taniguchi T. An analytical computation of magnetic field generated from a cylinder ferromagnet // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2018. – Vol. 452. – P. 464-472.
10. Сандуляк А.А., Ершова В.А., Ершов Д.В., Сандуляк А.В. О свойствах «коротких» гранулированных магнетиков с неупорядоченными цепочками гранул: поле между гранулами // Физика твердого тела. – 2010. – Т. 52. – Вып. 10. – С. 1967-1974.
11. Кифер, И.И. Испытания ферромагнитных материалов. – М.: Энергия. – 1969. – 360с.

12. Im S. H., Park G. S. A Research on the Demagnetizing Factors for Magnetic Hollow Cylinders // 2018 21st International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS). – 2018. – P. 2629-2632.
13. Chen D. X., Pardo E., Zhu Y.-H., et al. Demagnetizing correction in fluxmetric measurements of magnetization curves and hysteresis loops of ferromagnetic cylinders // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2018. – Vol. 449. – P. 447-454.
14. Yaglidere I., Gunes E.O. A Novel Method for Calculating the Ring-Core Fluxgate Demagnetization Factor // IEEE Transactions on Magnetics. – 2018. – Vol. 54. – No. 2. – P. 4000411.
15. Prozorov R., Kogan V.G. Effective Demagnetizing Factors of Diamagnetic Samples of Various Shapes // Physical Review Applied. – 2018. – V. 10. – №. 1. – P. 014030.
16. Wang M., Feng J., Shi Y., Shen M. Demagnetization weakening and magnetic field concentration with ferrite core characterization for efficient wireless power transfer // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2019. – V. 66. – Is. 3. – P. 1842-1851.
17. Caciagli A., Baars R.J., Philipse A.P., Kuipers B.W.M. Exact expression for the magnetic field of a finite cylinder with arbitrary uniform magnetization // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2018. – Vol. 456. – P. 423-432.
18. Marinica O.M. Study of Static Magnetic Properties of Transformer Oil Based Magnetic Fluids for Various Technical Applications Using Demagnetizing Field Correction // Journal of Nanomaterials. – 2017. – 9 pages.

Сандуляк Александр Васильевич;

ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»
доктор технических наук,
профессор
г. Москва, ул. Стромынка, 20
89265690325
a.sandulyak@mail.ru

Сандуляк Дарья Александровна
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский

технологический университет»
кандидат технических наук
г. Москва, ул. Стромынка, 20
89250609581
d.sandulyak@mail.ru.

Ершова Вера Александровна
Московский политехнический

университет
кандидат технических наук, доцент
г. Москва, ул. Б.Семеновская, д. 38
89265690329
v.ershova@mail.ru

Ткаченко Роман Юрьевич

ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»
аспирант
г. Москва, ул. Стромынка, 20
84992695088

Сандуляк Анна Александровна

ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»
доктор технических наук,
профессор
г. Москва, ул. Стромынка, 20
89265581261
anna.sandulyak@mail.ru

Полисмакова Мария Николаевна

ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»
кандидат технических наук, доцент
г. Москва, ул. Стромынка, 20
89296594273
m.polismakova@mail.ru

A.V. SANDULYAK, D.A. SANDULYAK, V.A. ERSHOVA, R.Y. TKACHENKO,
A.A. SANDULYAK, M.N. POLISMAKOVA

MAGNETIC CHARACTERISTICS OF «SHORT» POROUS MAGNETIC: BY THE EXAMPLE OF FILLING OF SPHERES

Abstract. *In the case of using porous magnetic as movable objects of different apparatus and measuring devices, a necessary of obtaining an information about magnetic parameters of «short» samples of these magnetic is pointed out. Field dependences of induction in cylindrical porous samples with relative length $L/D = 1-22.5$, consisting of fillings of ball-bearings, in the magnetizing field by intension 25-163kA/m are analyzed. The field dependences of magnetic permeability, susceptibility and magnetization of these samples which are also received on their basis are analyzed. Dependences of the specified magnetic parameters on L/D which at $L/D \geq 10-12$ (it is much less than for solid magnetics) become automodel, thereby demonstrating achievement of values of these parameters inherent in "material" (quasisolid) of such samples. The lack of signs of their magnetic saturation is noted. In the available phenomenological expression for the demagnetization factor of "short" samples of type decreasing exponential dependence where the radical of the size L/D appears in a power coefficient, the type of its parameter factor which was considered earlier as a constant is opened power function (depending on intension of the field, magnetic permeability and susceptibility).*

Keywords: *porous sample, relative length, magnetic characteristics: induction, permeability, susceptibility, magnetization, demagnetizing factor.*

BIBLIOGRAPHY

1. Sandulyak A.A., Sandulyak A.V., Ershova V.A., Polismakova M.N., Sandulyak D.A. Use of the Magnetic Test-filter for Magnetic Control of Ferroimpurities of Fuels, Oils, and Other Liquids (Phenomenological and Physical Models) // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2017. – Vol. 426. – P. 714–720.
2. Sandulyak A.V., Svistunov D.I., Sandulyak D.A., Ershova V.A. Discrete-cumulative magnetic control of iron-containing impurities in gasolines // *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. – 2012. – Vol. 48. – Is. 5. – P. 360–366.
3. Diguët G., Beaunon E., Cavaillé J.Y. Shape effect in the magnetostriction of ferromagnetic composite // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2010. – Vol. 322. – P. 3337–3341.
4. Anhalt M., Weidenfeller B., Mattei J.-L. Inner demagnetization factor in polymer-bonded soft magnetic Composites // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2008. – Vol. 320. – P. e844–e848.
5. Skomski R., Hadjipanayis G.C., Sellmyer D.J. Effective Demagnetizing Factors of Complicated Particle Mixtures // *IEEE Transactions on Magnetics*. – June 2007. – Vol. 43. – No. 6. – P. 2956–2958.
6. Chen D.-X., Brug J.A., Goldfarb R.B. Demagnetizing factors for cylinders // *IEEE Transactions on Magnetics*. – 1991. – Vol. 27 (4). – P. 3601–3619.
7. Sandulyak, A.V. Purification of Liquids in Magnetic Field. High School Publ. Lvov. – 1984. – 167 p. (in Russ.).
8. Bjork R., Zhou Z. The demagnetization factor for randomly packed spheroidal particles // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2019. – Vol. 476. – P. 417–422.
9. Taniguchi T. An analytical computation of magnetic field generated from a cylinder ferromagnet // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2018. – Vol. 452. – P. 464–472.
10. Sandulyak A.A., Ershova V.A., Ershov D.V., Sandulyak A.V. On the properties of short granular magnets with unordered granule chains: a field between the granules. // *Solid State Phys.* – 2010. – 52 (10). – P. 1967–1974. (in Russ.).
11. Kifer, I.I. Ispitaniya ferromagnitnykh materialov. – Moscow: Energy Publ. – 1969. – 360 p. (in Russ.).
12. Im S. H., Park G. S. A Research on the Demagnetizing Factors for Magnetic Hollow Cylinders // 2018 21st International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS). – 2018. – P. 2629–2632.
13. Chen D. X., Pardo E., Zhu Y.-H., et al. Demagnetizing correction in fluxmetric measurements of magnetization curves and hysteresis loops of ferromagnetic cylinders // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2018. – Vol. 449. – P. 447–454.
14. Yaglidere I., Gunes E.O. A Novel Method for Calculating the Ring-Core Fluxgate Demagnetization Factor // *IEEE Transactions on Magnetics*. – 2018. – Vol. 54. – No. 2. – P. 4000411.
15. Prozorov R., Kogan V.G. Effective Demagnetizing Factors of Diamagnetic Samples of Various Shapes // *Physical Review Applied*. – 2018. – V. 10. – №. 1. – P. 014030.
16. Wang M., Feng J., Shi Y., Shen M. Demagnetization weakening and magnetic field concentration with ferrite core characterization for efficient wireless power transfer // *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. – 2019. – V. 66. – Is. 3. – P. 1842–1851.
17. Caciagli A., Baars R.J., Philipse A.P., Kuipers B.W.M. Exact expression for the magnetic field of a finite cylinder with arbitrary uniform magnetization // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2018. – Vol. 456. – P. 423–432.
18. Marinica O.M. Study of Static Magnetic Properties of Transformer Oil Based Magnetic Fluids for Various Technical Applications Using Demagnetizing Field Correction // *Journal of Nanomaterials*. – 2017. – 9 pages.

Sandulyak Alexander Vasilievich

Federal State Budget Educational
Institution of Higher Education
«MIREA – Russian Technological
University»
Dr.Sc. (Engineering), Professor
20 Stromynka str., Moscow;
89265690325
a.sandulyak@mail.ru

Sandulyak Darya Alexandrovna

Federal State Budget Educational
Institution of Higher Education
«MIREA – Russian Technological
University»
Ph.D.
Moscow, 20 Stromynka str.
89250609581
d.sandulyak@mail.ru

Ershova Vera Alexandrovna

Moscow Polytechnical University
Ph.D., Associate Professor
Bolshaya Semyonovskaya str.,
38, Moscow
89265690329
v.ershova@mail.ru

Tkachenko Roman Yurievich

Federal State Budget Educational
Institution of Higher Education
«MIREA – Russian Technological
University»
Postgraduate Student
Moscow, 20 Stromynka str.
84992695088

Sandulyak Anna Alexandrovna

Federal State Budget Educational
Institution of Higher Education
«MIREA – Russian Technological
University»
Dr.Sc. (Engineering), Professor
20 Stromynka str., Moscow
89265581261
anna.sandulyak@mail.ru

Polismakova Maria Nikolaevna

Federal State Budget Educational
Institution of Higher Education
«MIREA – Russian Technological
University»
Ph.D., Associate Professor
20 Stromynka str., Moscow
89296594273
m.polismakova@mail.ru

КОНТРОЛЬ, ДИАГНОСТИКА, ИСПЫТАНИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

УДК.681.2.083

Н.В. РЫБАКОВА, В.В. МАРКОВ, С.П. ПЕТРОВ, В.А. ГАВРИЛИНА

УСТАНОВКА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И КОНТРОЛЯ ВОЛНОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ

Аннотация. Рассмотрены структура и принцип действия экспериментальной установки для исследований волнового сопротивления разъемных электрических соединителей. Установка предназначена для измерения волнового сопротивления электрического соединителя тремя разными электрическими методами: импульсным, холостого хода и короткого замыкания и индуктивно-емкостным. Ее использование позволяет выполнить экспериментальную проверку возможности применения для контроля электрических соединителей методов измерения волнового сопротивления, изначально известных для контроля коаксиальных кабелей, а также проверить адекватность модели расчета волнового сопротивления соединителя по геометрическим параметрам. Рассмотрены направления дальнейшего усовершенствования данной установки для применения на предприятии.

Ключевые слова: экспериментальная установка; волновое сопротивление; радиочастотный электрический соединитель; метод холостого хода и короткого замыкания; импульсный метод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Пивоваров, В. Анализ мировых тенденций развития и проблем производства электрических соединителей / В. Пивоваров, Л. Сафонов, И. Хохлов // Компоненты и Технологии. 2007. №67. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-mirovyh-tendentsiy-razvitiya-i-problem-proizvodstva-elektricheskikh-soediniteley> (дата обращения: 22.04.2019).

2 Руденко, В. Электрические соединители - от космических технологий до земной перспективы / В. Руденко // Компоненты и Технологии. 2007. №67. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektricheskie-soediniteli-ot-kosmicheskikh-tehnologiy-do-zemnoy-perspektivy> (дата обращения: 22.04.2019).

3 Марков, В.В. Разработка метода входного контроля разъемных электрических соединителей ракетно-космической техники / В.В. Марков, Н.В. Рыбакова // Качество в производственных и социально-экономических системах: Сборник научных трудов 5-й Междунар. науч.-техн. конф. (21 апреля 2017 года) / под ред. Е.В. Павлова. – Юго-Зап. гос. ун-т, Курск: ЗАО «Университетская книга», 2017. Курск, Юго-Западный государственный университет: ЗАО «Университетская книга», 2017. С. 277-281.

4 Рыбакова, Н.В. Актуальные проблемы повышения качества прямоугольных электрических соединителей радиоэлектронной аппаратуры космического назначения / Рыбакова Н.В., Марков В.В. // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении: сборник научных статей 4-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием (18-19 февраля 2019 года; Юго-Зап. гос. ун-т., Курск: Из-во ЗАО «Университетская книга», 2019. С. 234-240.

5 Васильева, Е.М. Методика измерения волнового сопротивления проходных коаксиальных модулей АЭС / Е.М. Васильева, С.А. Винниченко, Ю.И. Неварикаша // Метрология-2012, Харьков. – 2012. – С. 239-246.

Рыбакова Наталия Владимировна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», г. Орёл
Аспирант кафедры приборостроения, метрологии и сертификации,
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Телефон: (4862) 41-98-76
E-mail: naru77@mail.ru

Марков Владимир Владимирович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», г. Орёл
Кандидат технических наук, доцент кафедры приборостроения, метрологии и сертификации,
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Телефон: (4862) 41-98-76
E-mail: pms35vm@yandex.ru

Петров Сергей Петрович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева»,
доктор технических наук, профессор кафедры автоматизированных систем управления и кибернетики.

Гаврилина Вера Александровна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», г. Орёл
Доктор технических наук, профессор кафедры промышленной химии и биотехнологии,
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95

N.V. RYBAKOVA, V.V. MARKOV, S.P. PETROV, V.A. GAVRILINA

INSTALLATION FOR EXPERIMENTAL RESEARCH AND MONITORING OF THE CHARACTERISTIC IMPEDANCE OF ELECTRICAL CONNECTORS

Abstract. *The structure and principle of operation of the experimental installation for research of the characteristic impedance of connectors are considered. The installation is designed to measure the characteristic impedance of connector using three different electrical methods: pulse, idle and short circuit and inductive-capacitive. Its use allows to perform an experimental test of applicability for connectors testing of the methods for measuring the characteristic impedance, originally known for testing coaxial cables, and to verify the adequacy of the model for evaluating the characteristic impedance of the connector using geometrical parameters. The directions of further improvement of this installation for use in the enterprise are considered.*

Keywords: *experimental installation; characteristic impedance; RF connector; idle and short circuit method; pulse method.*

BIBLIOGRAPHY

1 Pivovarov, V. Analiz mirovykh tendentsiy razvitiya i problem proizvodstva elektricheskikh soediniteley / V. Pivovarov, L. Safonov, I. Khokhlov // Komponenty i Tekhnologii. 2007. №67. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-mirovyh-tendentsiy-razvitiya-i-problem-proizvodstva-elektricheskikh-soediniteley> (data obrashcheniya: 22.04.2019).

2 Rudenko, V. Elektricheskiye soediniteli - ot kosmicheskikh tekhnologiy do zemnoy perspektivy / V. Rudenko // Komponenty i Tekhnologii. 2007. №67. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektricheskije-soediniteli-ot-kosmicheskikh-tehnologiy-do-zemnoy-perspektivy> (data obrashcheniya: 22.04.2019).

3 Markov, V.V. Razrabotka metoda vkhodnogo kontrolya raznyomnykh elektricheskikh soediniteley raketno-kosmicheskoy tekhniki / V.V. Markov, N.V. Rybakova // Kachestvo v proizvodstvennykh i sotsialno-ekonomicheskikh sistemakh: Sbornik nauchnykh trudov 5-y Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (21 aprelya 2017 goda) / pod red. Ye.V. Pavlova. – Yugo-Zap. gos. un-t, Kursk: ZAO «Universitetskaya kniga», 2017. Kursk, Yugo-Zapadnyy gosudarstvennyy universitet: ZAO «Universitetskaya kniga», 2017. С. 277-281.

4 Rybakova, N.V. Aktualnyye problemy povysheniya kachestva pryamougolnykh elektricheskikh soediniteley radioelektronnoy apparatury kosmicheskogo naznacheniya / Rybakova N.V., Markov V.V. // Perspektivy razvitiya tekhnologiy obrabotki i oborudovaniya v mashinostroyenii: sbornik nauchnykh statey 4-y Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem (18-19 fevralya 2019 goda; Yugo-Zap. gos. un-t., Kursk: Iz-vo ZAO «Universitetskaya kniga», 2019. S. 234-240.

5 Vasilyeva, Ye.M. Metodika izmereniya volnovogo soprotivleniya prokhodnykh koaksialnykh moduley AES / Ye.M. Vasilyeva, S.A. Vinnichenko, YU.I. Nevarikasha // Metrologiya-2012, Kharkov. – 2012. – S. 239-246.

Rybakova Nataliya Vladimirovna

Orel State University named after I.S. Turgenev (Orel)
Graduate student of the Department of Instrument
Engineering, Metrology and Certification,
302026, Orel, Komsomolskaya street, 95
Ph: (4862) 41-98-76
E-mail: naru77@mail.ru

Markov Vladimir Vladimirovich

Orel State University named after I.S. Turgenev (Orel)
Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor
of the Department of Instrument Engineering, Metrology
and Certification
302026, Orel, Komsomolskaya street, 95
Ph: (4862) 41-98-76
E-mail: pms35vm@yandex.ru

Petrov Sergey Petrovich

FSBEI «Oryol State University named after I.S.
Turgenev», doctor of technical Sciences, professor of the
Department of Automated control systems and
Cybernetics
302026, Orel, Komsomolskaya str., 95,
tel. + 7-953-615-59-31,
E-mail: nayka55@mail.ru

Gavrilina Vera Alexandrovna

Orel State University named after I.S. Turgenev (Orel)
Doctor of Sciences (Engineering), Professor of the
Department of Industrial Chemistry and Biotechnology
302026, Orel, Komsomolskaya street, 95
Ph: (4862) 41-98-92,
E-mail: vega180267@mail.ru

КОНТРОЛЬ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АБОНЕНТСКОГО ВВОДА КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. Рассматриваются вопросы контроля и оптимизации температурного режима на абонентском вводе здания, описывается связь расхода теплоносителя в тепловой сети и его влияние на тепловой режим здания.

Ключевые слова: контроль, температурный режим, абонентский ввод, тепловая энергия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров, С.П. Структура и принцип управления когенерационной системой теплоснабжения монография / С.П. Петров, А.В. Пилипенко, Издательский дом LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. - 235 с.
2. Подмастерьев, К.В. Экспериментальные исследования статической характеристики датчика температуры устройства контроля и регулирования температуры воздуха в помещении лечебно-профилактического учреждения / К.В. Подмастерьев К.В., О.С. Петрова // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, 2008. № 2. – С. 71-75.
3. Петров, С.П., Определение граничных условий при параметрическом синтезе системы управления температурным режимом здания / С.П. Петров, К.В. Подмастерьев, А.В. Пилипенко, К.Д. Шорин / Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии / 2017 - № 5, – С. 184-190.
4. Петров, С.П. Анализ и синтез системы управления процессом передачи тепловой энергии в когенерационной системе централизованного теплоснабжения. монография / С.П. Петров, М.Н. Маяков; под общей редакцией д-ра техн. наук, проф. А.И. Суздальцева - Орел: Издательский дом «Орлик и К», 2009. - 314 с.
5. Подмастерьев, К.В. Устройство регулирования температуры воздуха в помещениях / К.В. Подмастерьев К.В., О.С. Петрова // Датчики и системы, 2008. - № 6. – С. 14-18.
6. Подмастерьев, К.В. Устройство контроля и регулирования температуры воздуха для помещений, оборудованных однотрубной системой отопления / К.В. Подмастерьев К.В., О.С. Петрова // Контроль. Диагностика, 2010. № 5. – С. 45-57.
7. Петров, С.П. Метод качественно-количественного импульсно-шагового управления в когенерационных системах теплоснабжения / С.П. Петров // Мехатроника, автоматизация, управление, 2006. - № 5. – С. 46 -53.

Петров Сергей Петрович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева»,
доктор технических наук, профессор кафедры
«Автоматизированные системы управления и кибернетика»
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95,
тел. +7-953-615-59-31,
E-mail: nayka55@mail.ru

Никитенко Ольга Сергеевна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник НОЦ «Теоретическая и прикладная социология»
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д.95,
тел. +7-919-260-07-76,
E-mail: lavanda777@bk.ru

Коробко Виктор Иванович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева»,
доктор технических наук, профессор кафедры
«Строительные конструкции и материалы»
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д.95,
Тел. 8(4862) 751-318,
E-mail: info@oreluniver.ru

Подмастерьев Константин Валентинович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», доктор
технических наук, профессор, директор Института
приборостроения, автоматизации и информационных
систем,
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29, каб. 328,
тел. (4862)41-98-03,
E-mail: asms-orel@mail.ru

Конишев Михаил Игоревич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», магистр 2 курса
кафедры «Автоматизированные системы управления и кибернетика»
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д.95
тел.+79508754197
E-mail: 89508754197@yandex.ru

S.P. PETROV, K.V. PODMASTERYEV, O.S. NIKITENKO, M.I. KONISHEV, V.I. KOROBKO

CONTROL AND OPTIMIZATION OF OPERATING MODES OF THE SUBSCRIBER INPUT THE COMBINED HEAT SUPPLY SYSTEM

Abstract. *The issues of control and optimization of the temperature regime at the subscriber input of the building are considered, the relationship between the coolant flow rate in the heating network and its influence on the thermal regime of the building is described.*

Keywords: *control, temperature regime, subscriber input, thermal energy.*

BIBLIOGRAPHY

1. Petrov, S.P. Struktura i printsip upravleniya kogeneratsionnoy sistemoy teplosnabzheniya monografiya / S.P. Petrov, A.V. Pilipenko, Izdatelskiy dom LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. - 235 s.
2. Podmasteryev, K.V. Eksperimentalnyye issledovaniya staticheskoy kharakteristiki datchika temperatury ustroystva kontrolya i regulirovaniya temperatury vozdukha v pomeshchenii lechebno-profilakticheskogo uchrezhdeniya / K.V. Podmasteryev K.V., O.S. Petrova // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii, 2008. № 2. – S. 71-75.
3. Petrov, S.P., Opredeleniye granichnykh usloviy pri parametricheskom sinteze sistemy upravleniya temperaturnym rezhimom zdaniya / S.P. Petrov, K.V. Podmasteryev, A.V. Pilipenko, K.D. Shorin / Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii / 2017 - № 5, – S. 184-190.
4. Petrov, S.P. Analiz i sintez sistemy upravleniya protsessom peredachi teplovoy energii v kogeneratsionnoy sisteme tsentralizovannogo teplosnabzheniya. monografiya / S.P. Petrov, M.N. Mayakov; pod obshchey redaktsiyey d-ra tekhn. nauk, prof. A.I. Suzdaltseva - Orel: Izdatelskiy dom «Orlik i K», 2009. - 314 s.
5. Podmasteryev, K.V. Ustroystvo regulirovaniya temperatury vozdukha v pomeshcheniyakh / K.V. Podmasteryev K.V., O.S. Petrova // Datchiki i sistemy, 2008. - № 6. – S. 14-18.
6. Podmasteryev, K.V. Ustroystvo kontrolya i regulirovaniya temperatury vozdukha dlya pomeshcheniy, oborudovannykh odnotrubnoy sistemoy otopleniya / K.V. Podmasteryev K.V., O.S. Petrova // Kontrol. Diagnostika, 2010. № 5. – S. 45-57.
7. Petrov, S.P. Metod kachestvenno-kolichestvennogo impulsno-shagovogo upravleniya v kogeneratsionnykh sistemakh teplosnabzheniya / S.P. Petrov // Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravleniye, 2006. - № 5. – S. 46 -53.

Petrov Sergey Petrovich

FSBEI «Oryol State University named after I.S. Turgenev», doctor of technical Sciences, professor of the Department of «Automated control systems and Cybernetics»
302026, Orel, Komsomolskaya str., 95,
tel. + 7-953-615-59-31,
E-mail: nayka55@mail.ru

Podmasteryev Konstantin Valentinovich

FSBEI «Oryol State University named after I.S. Turgenev», doctor of technical Sciences, professor, Director Institute of instrument engineering, automation and information technologies,
302026, Orel, Komsomolskaya str., 95,
tel. (4862)41-98-03,
E-mail: asms-orel@mail.ru

Nikitenko Olga Sergeevna

FSBEI «Orenburg state University. I. S. Turgeneva», candidate of technical Sciences, leading researcher of NOC «Theoretical and applied sociology»
302026, Orel, Komsomolskaya str., 95,
tel. +7-919-260-07-76,
E-mail: lavanda777@bk.ru

Konishev Mikhail Igorevich

FSBEI «Oryol State University named after I.S. Turgenev», master of the second department «Automated Controls and Cybernetics»
302026, Orel, Komsomolskaya str., 95,
+79508754197,
E-mail: 89508754197@yandex.ru

Korobko Victor Ivanovich

FSBEI «Oryol State University named after I.S. Turgenev», doctor of technical Sciences, professor of the Department «Construction structures and materials Stroitelnyye konstruktsii i materialy»
tel. +7(4862) 751-318,
E-mail: info@oreluniver.ru

О.Р. КУЗИЧКИН, Р.В. РОМАНОВ, А.В. ГРЕЧЕНЕВА,
Н.В. ДОРОФЕЕВ, А.В. КОСЬКИН, В.Т. ЕРЕМЕНКО

ПРИМЕНЕНИЕ ФАЗОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В СИСТЕМЕ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СООРУЖЕНИЙ

Аннотация. В статье рассматривается применение фазометрического метода инклинометрического контроля в системе геотехнического мониторинга зданий и сооружений. Разработан алгоритм предварительной обработки акселерометрических сигналов, основанный на применении метода комплексной демодуляции позволяющего осуществить спектрально-временной анализ без преобразований Фурье в реальном масштабе времени. Для проверки эффективности предложенного метода проведены совместные геоэлектрические и инклинометрические исследования. В качестве контролируемых параметров инженерно-технического сооружения выступают углы отклонения от вертикали осей сооружения, амплитудно-частотные характеристики вибраций, а также параметры механического напряжения несущих конструкций. Инклинометрический мониторинг объекта осуществлялся на основе системы акселерометрических датчиков, адаптированных и прошедших отладку под условия проведения эксперимента. Была построена суммарная спектрально-временная диаграмма в соответствии с разработанным методом для объекта геотехнического мониторинга.

Ключевые слова: геотехнический мониторинг, фазометрический метод, акселерометрические преобразователи, инклинометрический контроль.

Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ 18-48-310025 p_a

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савин, С.Н. Современные методы технической диагностики строительных конструкций зданий и сооружений. / С.Н. Савин, СПб.: РДК-принт. - 2000. – 127 с.
2. Raju, V. R. Ground Improvement Technologies and Case Histories. Ground Improvement – Principles And Applications In Asia. / V. R. Raju, Singapore: Research Publishing Services. p. 809.
3. Грязнова, Е.М. Геотехнический мониторинг в строительстве / Е.М. Грязнова, А.Н. Гаврилов, Д.Ю. Чунюк, К.С. Борчев - М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. - 80 с.
4. Гаврилов, А.Н. Экспресс-методы в геотехническом мониторинге / А.Н. Гаврилов, Е.М. Грязнова // Вестник МГСУ. 2010. № 4 – 5. С. 61– 66.
5. Martins, N. Dynamic monitoring of a stadium roof / N. Martins, E. Caetano, S. Diord, F. Magalhaes, A. Cunha // Engineering Structures. – 2014. – Vol. 59 – P. 80 – 94.
6. NAVFAC (Naval Facilities Engineering Command) (1983) Design Manual 7.03, Soil Dynamics, Deep Stabilization and Special Geotechnical Construction, US Government Printing Office.
7. Kuzichkin, O. Carrying out geodeformation monitoring in karst areas based on accelerometric goniometers / O. Kuzichkin, A. Grecheneva, E. Mikhaleva, N. Dorofeev // Journal of fundamental and applied sciences Vol 9 p. 1871–1884.
8. Дорофеев, Н.В. Контроль изменения состояния грунтов при геотехническом мониторинге на базе фазометрических измерительных систем / Н.В. Дорофеев, О.Р. Кузичкин, А.В. Греченева, Р.В. Романов // Строительство и реконструкция №6 (80)2018. с 5 – 13.
9. Харкевич, А.А. Спектры и анализ. / А.А. Харкевич Изд. 5-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 240 с.
10. Кузичкин, О.Р. Спектрально-временной анализ в реальном масштабе времени / О.Р. Кузичкин // Современные проблемы радиоэлектроники. – Ростов-на-Дону: РГПУ, 2006.

Кузичкин Олег Рудольфович

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Информационные и робототехнические системы»
E-mail: electron@mivlgu.ru

Романов Роман Вячеславович

ФГБОУ ВО Муромский институт (филиал) «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление и контроль в технических системах»
E-mail: romanov.roman.5@yandex.ru

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород
Аспирант кафедры «Математическое и программное обеспечение информационных систем»
E-mail: 1155464@bsu.edu.ru

Коськин Александр Васильевич
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», г. Орёл
Доктор технических наук, профессор кафедры информационных систем
302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95
Телефон: (4862) 41-98-15
E-mail: koskin@oreluniver.ru

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых», г. Муром
Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление и контроль в технических системах»
E-mail: dorofeevny@yandex.ru

Еременко Владимир Тарасович
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», г. Орёл доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационная безопасность»
302026, Орловская область, г. Орёл, ул. Комсомольская д. 95.
Тел. +7 (920) 812-65-64
E-mail: wladimir@orel.ru

O.R. KUZICHKIN, R.V. ROMANOV, A.V. GRECHENEVA,
N.V. DOROFEEV, A.V. KOSKIN, V.T. EREMENKO

APPLICATION OF THE PHASOMETRIC METHOD OF INCLINOMETRIC MONITORING IN THE SYSTEM OF GEOTECHNICAL MONITORING OF CONSTRUCTIONS

Abstract. *The article discusses the use of the phaseometric method of inclinometric control in the system of geotechnical monitoring of buildings and structures. An algorithm for preprocessing accelerometric signals is developed, based on the use of the complex demodulation method, which allows spectral-time analysis without Fourier transforms in real time. To verify the effectiveness of the proposed method, joint geoelectric and inclinometric studies were performed. The controlled parameters of the engineering structure are the angles of deviation from the vertical axis of the structure, the amplitude-frequency characteristics of the vibrations, as well as the parameters of the mechanical stress of the supporting structures. Inclinometric monitoring of the object was carried out on the basis of a system of accelerometric sensors, adapted and debugged under the conditions of the experiment. The total spectral-time diagram was constructed in accordance with the developed method for the object of geotechnical monitoring.*

Keywords: *geotechnical monitoring, phase method, accelerometer transducers, inclinometric control.*

BIBLIOGRAPHY

1. Savin, S.N. Sovremennyye metody tekhnicheskoy diagnostiki stroitelnykh konstruktsey zdaniy i sooruzheniy. / S.N. Savin, SPb.: RDK-print. - 2000. – 127 s.
2. Raju, V. R. Ground Improvement Technologies and Case Histories. Ground Improvement – Principles And Applications In Asia. / V. R. Raju, Singapore: Research Publishing Services. p. 809.
3. Gryaznova, Ye.M. Geotekhnicheskii monitoring v stroitelstve / Ye.M. Gryaznova, A.N. Gavrilov, D.YU. Chunyuk, K.S. Borchev - M.: Moskovskiy gosudarstvennyy stroitelnyy universitet, EBS ASV, 2016. - 80 c.
4. Gavrilov, A.N. Ekspress-metody v geotekhnicheskoy monitoringe / A.N. Gavrilov, Ye.M. Gryaznova // Vestnik MGSU. 2010. № 4 – 5. S. 61– 66.
5. Martins, N. Dynamic monitoring of a stadium roof / N. Martins, E. Caetano, S. Diord, F. Magalhaes, A. Cunha // Engineering Structures. – 2014. – Vol. 59 – P. 80 – 94.
6. NAVFAC (Naval Facilities Engineering Command) (1983) Design Manual 7.03, Soil Dynamics, Deep Stabilization and Special Geotechnical Construction, US Government Printing Office.
7. Kuzichkin, O. Carrying out geodeformation monitoring in karst areas based on accelerometric goniometers / O. Kuzichkin, A. Grecheneva, E. Mikhaleva, N. Dorofeev // Journal of fundamental and applied sciences Vol 9 p. 1871–1884.
8. Dorofeyev, N.V. Kontrol izmeneniya sostoyaniya gruntov pri geotekhnicheskoy monitoringe na baze fazometricheskikh izmeritelnykh sistem / N.V. Dorofeyev, O.R. Kuzichkin, A.V. Grecheneva, R.V. Romanov // Stroitelstvo i rekonstruktsiya №6 (80)2018. s 5 – 13.
9. Kharkevich, A.A. Spektry i analiz. / A.A. Kharkevich Izd. 5-ye. – M.: Knizhnyy dom «LIBROKOM», 2009. – 240 s.
10. Kuzichkin, O.R. Spektralno-vremennoy analiz v realnom masshtabe vremeni / O.R. Kuzichkin // Sovremennyye problemy radioelektroniki. – Rostov-na-Donu: RGPU, 2006.

Kuzichkin Oleg Rudolfovich

Belgorod State National Research University, Belgorod
Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of
the Department «Information and Robotic Systems»
E-mail: electron@mivlgu.ru

Grecheneva Anastasia Vladimirovna

FGBOU «Belgorod State National Research University»,
Belgorod
Postgraduate student of the department «Mathematical and
software information systems»
E-mail: 1155464@bsu.edu.ru

Koskin Alexander Vasiljewich

Orel State University named after I.S. Turgenev (Orel)
Doctor of Technical Sciences, Professor of the
Information Systems Department
302026, Orel, Komsomolskaya street, 95
Ph: (4862) 41-98-15,
E-mail: koskin@oreluniver.ru

Romanov Roman Vyacheslavovich

FGBOU Vladimir State University named after A.G. and
N.G. Stoletovs, Murom
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of
the Department «Management and Control in Technical
Systems»
E-mail: romanov.roman.5@yandex.ru

Dorofeev Nikolai Viktorovich

FGBOU «Vladimir State University named after A.G. and
N.G. Stoletovs», Murom Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, Head of the Department
«Management and Control in Technical Systems»
E-mail: dorofeevvnv@yandex.ru

Eremenko Vladimir Tarasovich

FSBEI "Orel state University. I. S. Turgenev", Orel,
doctor of technical Sciences, Professor, head of the
Department "Information security" 302026, Orel region,
Orel, ul Komsomolskaya. 95.
Tel. +7 (920) 812-65-64
E-mail: wladimir@orel.ru

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

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

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

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

- Структура статьи:

УДК:

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

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

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

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

Текст статьи:

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

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

Фамилия, имя, отчество;

учреждение или организация;

ученая степень, ученое звание, должность;

адрес;

телефон;

электронная почта.

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

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

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

- Рисунки с подрисуточной 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 21.06.2019 г.
Дата выхода в свет
Формат 60х88 1/8. Усл. печ. л. 9,875.
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