



Государственный
технический университет
Научно – технический журнал
Издается с 1995 года
Выходит шесть раз в год
№ 1 (315) 2016
Январь – Февраль

Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»
(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»)

Редакционный совет:

Голенков В.А. д-р техн. наук, проф.,
председатель
Пилипенко О.В. д-р техн. наук, проф.,
зам. председателя
Радченко С.Ю. д-р техн. наук, проф.,
зам. председателя
Борзенков М.И. канд. техн. наук, доц.,
секретарь
Астафичев П.А. д-р юрид. наук, проф.
Иванова Т.Н. д-р техн. наук, проф.
Колчунов В.И. д-р техн. наук, проф.
Константинов И.С. д-р техн. наук, проф.
Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.
Попова Л.В. д-р экон. наук, проф.
Степанов Ю.С. д-р техн. наук, проф.

Редколлегия

Главный редактор
Степанов Ю.С. д-р техн. наук, проф.,
заслуженный деятель науки Российской
Федерации

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.

Члены редколлегии:

Бабичев А.П. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Бухач А. д-р техн. наук, проф. (Польша)
Вдовин С.И. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Вьяконов А.А. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Емельянов С.Г. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Зубчанинов В.Г. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Иванов Б.Р. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Киричек А.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Клименко С.А. д-р техн. наук, проф. (Украина)
Колесников К.С. д-р техн. наук, проф.,
академик РАН (Россия)
Копылов Ю.Р. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Машинин В.Г. д-р физ.-мат. наук, проф. (Россия)
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)
Панин В.Е. д-р техн. наук, проф., академик
РАН (Россия)
Распопов В.Я. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Смоленцев В.П. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Старовойтов Э.И. д-р физ.-мат. наук, проф.
(Беларусь)
Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Ответственный секретарь:

Тюхта А.В. канд. техн. наук

Адрес редакции

302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
(4862) 54-15-19, 55-55-24, 41-98-48,
41-98-03, +7(906)6639898
www.gu-unpk.ru
E-mail: tiostu@mail.ru

Зарег. в Федеральной службе по
надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-47351
от 03 ноября 2011 года

Подписной индекс 29504
по объединенному каталогу
«Пресса России»

© Госуниверситет – УНПК, 2016

Содержание

Естественные науки

Малик А.В., Белая Л.А., Лавит И.М. О динамическом нагружении тела с трещиной в условиях плоской деформации	3
Велиев Ф.Э. Взаимодействие зон ослабленных межчастичных связей материала в изотропной среде при неоднородном напряженном поле	11
Старовойтов Э.И., Леоненко Д.В., Журавков М.А. Переменное деформирование трехслойного стержня локальной синусоидальной нагрузкой	19

Моделирование технологических процессов

Малинин В.Г., Муссауи Ю.Ю., Трифонов Е.А. Исследование мартенситной неупругости сплава Ti-50%Ni при сложных траекториях деформирования в виде спирали Архимеда: результаты эксперимента, математическая модель	29
--	----

Конструирование, расчеты, материалы

Голенков В.А., Вдовин С.И., Дорофеев О.В., Татарченков Н.В., Джамц Е.В. Экспериментальная установка для гибки труб наматыванием	35
Фёдоров Т.В., Морев П.Г. NURBS-аппроксимация экспериментальных кривых упрочнения. практическая реализация	41

Машиностроительные технологии и инструменты

Нигметзянов Р.И., Сундуков С.К., Фатюхин Д.С. Влияние ультразвуковой обработки на шероховатость поверхности деталей, полученных аддитивными технологиями	47
Смоленцев Е.В., Кадырметов А.М., Кондратьев М.В., Бобров Е.С. Оптимизация процесса нанесения плазменных упрочняющих покрытий	54
Емельянов С.Г., Мальнева Ю.А., Куц О.Г. Назначение требований к точности металлорежущего инструмента на основе установления взаимного влияния основных элементов металлорежущей системы на погрешность обработки	60
Панайоти В.А. Исследование геометрии рельефа режущей поверхности эльборового круга при шлифовании с твердой смазкой	67
Лавриненко В.И., Скрябин В.А., Пасичный О.О., Солод В.Ю., Сытник А.А. Влияние свойств твердых сплавов на их обрабатываемость алмазными кругами	72
Смоленцев В.П., Золотарев В.В., Сухочев Г.А. Формирование показателей поверхностного слоя комбинированной обработкой	82
Ямников А.С., Ямникова О.А., Киселев А.В. Погрешность закрепления при консольном закреплении тонкостенной трубной заготовки, имеющей исходную овальность	90
Носенко В.А., Авилов А.В., Ладыгина О.М., Дума Е.А. Морфология и химический состав площадки износа карбида кремния после микроцарапания вольфраманом скорости 60 м/с	97

Приборостроение и биотехнические системы

Шкатов П.Н., Лисицина И.О. Сравнительное исследование дефектометрических электропотенциальных преобразователей с различным размещением электродов	105
Жидков А.В., Жильцов М.П., Лупандин А.А., Вьюн С.С., Лобода О.А., Мишин В.В., Подмастерьев К.В. Программно-аппаратный комплекс для испытаний эндопротеза тазобедренного сустава с парой трения «металл-металл»	111
Корневский Н.А., Магеровский М.А., Шуткин А.Н., Федянин В.И. Нечеткие модели профессиональной ориентации и оценки уровня подготовки спортсменов	121
Иванов Ю.В., Распопов В.Я., Алабуев Р.В. Маятниковый датчик уровня с электромагнитным демпфированием для контроля горизонтальности железнодорожного пути	127
Козлов А.С., Лабковская Р.Я., Ткалич В.Л., Пирожникова О.И. Моделирование динамики электромеханических элементов датчиков систем управления	131

Контроль, диагностика, испытания

Дрёмин В.В., Дрёмина Е.В., Жарких Е.В., Потапова Е.В., Алимичева Е.А., Масальгина Г.И., Дунаев А.В. Возможности применения сочетанных методов оптической неинвазивной диагностики при исследовании жизнеспособности тканей нижних конечностей пациентов с сахарным диабетом	136
Горина М.А., Грядунова Е.Н., Горин А.В. Контроль гибких трубопроводов на герметичность	143



The journal is published since 1995
The journal is published 6 times a year

№ 1 (315) 2016

January – February

Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology

The founder – The Federal State Higher Educational Professional Institution
«State University – Education–Scientific–Production Complex»
(State University ESPC)

Editorial council

Golenkov V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.,
president
Pilipenko O.V. Doc. Sc. Tech., Prof.,
vice-president
Radchenko S.Y. Doc. Sc. Tech., Prof.,
vice-president
Borzenkov M.I. Candidate Sc. Tech.,
Assistant Prof, secretary
Astafichev P.A. Doc. Sc. Law., Prof.
Ivanova T.I. Doc. Sc. Tech., Prof.
Kolchunov V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.
Konstantinov I.S. Doc. Sc. Tech., Prof.
Novikov A.N. Doc. Sc. Tech., Prof.
Popova L.V. Doc. Sc. Ec., Prof.
Stepanov Y.S. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editorial Committee

Editor-in-chief
Stepanov Y.S. Doc. Sc. Tech., Prof., honored
worker of science of Russian Federation

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.

Member of editorial board

Babichev A.P. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Buchach A. Doc. Sc. Tech., Prof. (Poland)
Vdovin S.I. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Dyakonov A.A. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Emelyanov S.G. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Subchaninov V.G. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Ivanov B.R. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Kirichek A.V. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Klimenko S.A. Doc. Sc. Tech., Prof. (Ukraine)
Kolesnikov K.S. Doc. Sc. Tech., Prof.,
Academician of RAS (Russia)
Kopylov Y.R. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Malinin V.G. Doc. Sc. Ph. - Math., Prof. (Russia)
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)
Panin V.E. Doc. Sc. Tech., Prof. Academician
of RAS (Russia)
Raspopov V.Ya. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Smolenzev V.P. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)
Starovoitov A.I. Doc. Sc. Ph. - Math., Prof.
(Belarus)
Heifets M.I. Doc. Sc. Tech., Prof. (Belarus)

Executive secretary:

Tyukhta A.V. Candidate Sc. Tech.

Address

302020 Orel,
Naugorskoe Chosse, 29
(4862) 54-15-19, 55-55-24, 41-98-48,
41-98-03, +7(906)6639898
www.gu-unpk.ru
E-mail: tiostu@mail.ru

Journal is registered in Federal Agency of
supervision in sphere of communication,
information technology and mass
communications. The certificate of registration
PI № FS77-47351 from 03.11.2011

Index on the catalogue of the «Pressa
Rossii» 29504

© State University ESPC, 2016

Contents

Natural sciences

<i>Malik A.V., Belaya L.A., Lavit I.M. On a dynamic loading body with a crack in the plane strain</i>	3
<i>Veliyev F.E. Interaction of zones of weakened interparticle material bonds in isotropic medium under nonuniform stress field</i>	11
<i>Starovoitov E.I., Leonenko D.V., Zhuravkov M.A. The variable deformation of the three-layer rod by local sinusoidal load</i>	19

Modelling of technological processes

<i>Malinin V.G., Mussaui Y.Y., Trifonov Ye.A. Martensitic inelasticity of alloy TI-50NI while defroming under complex trajectories by archimedes spiral: experimental results, mathematical model</i>	29
---	----

Designing, calculations, materials

<i>Kolesnikov V.A., Vdovin S.I., Dorofeyev G.V., Tatarchenkov N.V., Dzhamts Ye.V. Experimental launcher for flexible pipe winding</i>	35
<i>Fedorov T.V., Morev P.G. An approximation of strain–stress curves, based on nonuniform rational b–spline (nurbs). practical implementation</i>	41

Machine building technology and toolware

<i>Akhmetzyanov R.I., Sundukov S.K., Fatyukhin D.S. Effect of ultrasonic treatment on surface roughness parts obtained additive technology</i>	47
<i>Smolentsev Ye.V., Kadyrmetov A.M., Kondratyev M.V., Bobrov Ye.S. Optimization of process of application plasma hardening coating</i>	54
<i>Yemelyanov S.G., Malneva Yu.A., Kuts O.G. Appointment requirements for accuracy of metal instruments based on the establishment of mutual influence of main elements metalworking system for error treatment</i>	60
<i>Panayoti V.A. Analysis of the geometry of cutting surfaces relief cbn wheels for grinding of solid lubricant</i>	67
<i>Lavrinenko V.I., Skryabin V.A., Pasichmyy O.O., Solod V.Yu., Sytnik A.A. Influence of properties of hard alloys on their workability diamond circles</i>	72
<i>Smolentsev V.P., Zolotarev V.V., Sukhochev G.A. Formation of surface layer results by combined treatment</i>	82
<i>Yamnikov A.S., Yamnikova O.A., Kiselyov A.V. Fixing error at console fixing of the thin-walled pipe preparation having initial ovality</i>	90
<i>Nosenko V.A., Avilov A.V., Ladygina O.M., Duma E.A. The morphology and chemical composition of the wears area of the silicon carbide after microcutting of tungsten with the speed 60 m/s</i>	97

Instrument making and biotechnological system

<i>Shkatov P.N., Lisitsina I.O. A comparative study defendamerica electropotential probes with different the placement of electrodes</i>	105
<i>Zhidkov A.V., Zhiltsov M.P., Lupandin A.A., Vyun S.S., Loboda O.A., Mishin V.V., Podmasteryev K.V. Hardware–software complex for test hip joint with friction pair «metal–metal»</i>	111
<i>Korenevskiy N.A., Magerovskiy M.A., Shutkin A.N., Fedyanin V.I. Fuzzy models of professional orientation and assessment of training of athletes</i>	121
<i>Ivanov Yu.V., Raspopov V.Ya., Alaluev R.V. The pendulum sensor of the level with the electromagnetic damping for the control of the horizontality of the railway track</i>	127
<i>Kozlov A.S., Labkovckaya P.Ya., Tklich V.L., Pirozhnikova O.I. Modeling the dynamics of electromechanical elements sensors control systems</i>	131

Control, diagnostics, tests

<i>Dremiin V.V., Dremina E.V., Zharkikh E.V., Potapova E.V., Alimicheva E.A., Masalygina G.I., Dunaev A.V. Possibilities application of combined methods of optical noninvasive diagnosis for tissue of lower limbs viability study in patients with diabetes</i>	136
<i>Gorina M.A., Gorbunova Ye.N., Gorin A.V. Controller flex leak</i>	143

А.В. МАЛИК, Л.А. БЕЛАЯ, И.М. ЛАВИТ

О ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ ТЕЛА С ТРЕЩИНОЙ В УСЛОВИЯХ ПЛОСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Задача о динамическом нагружении плоскодеформированного упругого тела с краевой трещиной решается методом прямых. Интегрирование по времени осуществляется по конечноразностной схеме Кранка–Николсон, по пространственной области – методом конечных элементов. Используется модель когезионной трещины Баренблатта. Плавность смыкания кромок трещины в ее кончике обеспечивается применением специальных конечных элементов. По рассчитанной скорости высвобождения энергии определяется, когда это возможно, коэффициент интенсивности напряжений. Результаты расчетов сопоставляются с данными экспериментов Кальтхоффа. Их удовлетворительное согласие свидетельствует об адекватности математической модели и об эффективности метода расчета.

Ключевые слова: динамическое разрушение; трещина; силы сцепления; метод прямых; схема Кранка–Николсон; метод конечных элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Партон, В.З. Динамика хрупкого разрушения / В.З. Партон, В.Г. Борисковский. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
2. Баренблатт, Г.И. О равновесных трещинах, образующихся при хрупком разрушении. Прямолинейные трещины в плоских пластинках / Г.И. Баренблатт // ПММ. – 1959. – Т. 23. – Вып. 4. – С. 706–721.
3. Баренблатт, Г.И. Математическая теория равновесных трещин, образующихся при хрупком разрушении / Г.И. Баренблатт // Журн. прикл. механики и техн. физики. – 1961. – № 4. – С. 3–56.
4. Лавит, И.М. Об устойчивом росте трещины в упругопластическом материале / И.М. Лавит // Проблемы прочности. – 1988. – № 7. – С. 18–23.
5. Лавит, И.М. Термоупругопластическая задача механики разрушения для полого цилиндра с внутренними трещинами / И.М. Лавит, Л.А. Толоконников // Прикл. проблемы прочности и пластичности. Методы решения. – Горький: Изд-во горьковского ун-та. – 1990. – С. 55–60.
6. Михлин, С.Г. Приближенные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений / С.Г. Михлин, Х.Л. Смолицкий. – М.: Наука, 1965. – 384 с.
7. Рихтмайер, Р.Д. Разностные методы решения краевых задач / Р.Д. Рихтмайер, К. Мортон. – М.: Мир, 1972. – 418 с.
8. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М.: Мир, 1975. – 541 с.
9. Райс, Дж. Математические методы в механике разрушения / Дж. Райс // Разрушение. – М.: Мир. – 1975. – Т. 2. – С. 204–335.
10. Kalthoff, J.F. On the measurement of dynamic fracture toughnesses – a review of recent work / J.F. Kalthoff // Int. J. of Fracture. – 1985. – V. 27. – p. 277–298.
11. Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений. – М.: Мир, 1990. – Т. 1. – 448 с.

Малик Александр Васильевич
Тульский государственный
университет,
кафедра математического
моделирования
Аспирант
300012, Тула, просп. Ленина, 92
Тел.: (84872)33–24–88
E-mail: runer10@mail.ru

Белая Лилия Александровна
Тульский государственный
университет,
кафедра математического
моделирования
Доцент
300012, Тула, просп. Ленина, 92
Тел.: (84872)33–24–88
E-mail: bliliy@yandex.ru

Лавит Игорь Михайлович
Тульский государственный
университет,
кафедра математического
моделирования
Профессор
300012, Тула, просп. Ленина, 92
Тел.: (84872)33–24–88
E-mail: IgorLavIt@yandex.ru

A.V. MALIK, L.A. BELAYA, I.M. LAVIT

ON A DYNAMIC LOADING BODY WITH A CRACK IN THE PLANE STRAIN

The problem of dynamic loading plane strain elastic body with an edge crack is solved by the method of lines. Integration over time is carried out with Crank–Nicholson finite–difference scheme. Space integration is executed with finite element method. Barenblatt cohesive crack model is used. The smooth closing of crack edges in crack tip is achieved by special finite elements use. The stress intensity factor is determined with calculated energy release rate, whenever possible. The results of calculations are compared with experimental data by Kalthoff. Their satisfactory agreement testifies on adequacy of the mathematical model and effectiveness of the computational approach.

Keywords: dynamic fracture; crack; cohesive forces; method of lines; Crank–Nicholson scheme; finite element method.

BIBLIOGRAPHY

1. Parton, V.Z. Dinamika khrupkogo razrusheniya / V.Z. Parton, V.G. Boriskovskiy. – M.: Mashinostroyeniye, 1988. – 240 s.
2. Barenblatt, G.I. O ravnovesnykh treshchinakh, obrazuyushchikhsya pri khrupkom razrushenii. Pryanolineynyye treshchiny v ploskikh plastinkakh / G.I. Barenblatt // PMM. – 1959. – T. 23. – Vyp. 4. – S. 706–721.
3. Barenblatt, G.I. Matematicheskaya teoriya ravnovesnykh treshchin, obrazuyushchikhsya pri khrupkom razrushenii / G.I. Barenblatt // Zhurn. prikl. mekhaniki i tekhn. fiziki. – 1961. – № 4. – S. 3–56.
4. Lavit, I.M. Ob ustoychivom roste treshchiny v uprugoplasticheskom materiale / I.M. Lavit // Problemy prochnosti. – 1988. – № 7. – S. 18–23.
5. Lavit, I.M. Termouprugoplasticheskaya zadacha mekhaniki razrusheniya dlya pologo tsilindra s vnutrennimi treshchinami / I.M. Lavit, L.A. Tolokonnikov // Prikl. problemy prochnosti i plastichnosti. Metody resheniya. – Gorkiy: Izd–vo gorkovskogo un–ta. – 1990. – S. 55–60.
6. Mikhlin, S.G. Priblizhennyye metody resheniya differentsialnykh i integralnykh uravneniy / S.G. Mikhlin, K.H.L. Smolitskiy. – M.: Nauka, 1965. – 384 s.
7. Rikhtmayyer, R.D. Raznostnyye metody resheniya krayevykh zadach / R.D. Rikhtmayyer, K. Morton. – M.: Mir, 1972. – 418 s.
8. Zenkevich, O. Metod konechnykh elementov v tekhnike / O. Zenkevich. – M.: Mir, 1975. – 541 s.
9. Rays, Dzh. Matematicheskiye metody v mekhanike razrusheniya / Dzh. Rays // Razrusheniye. – M.: Mir. – 1975. – T. 2. – S. 204–335.
10. Kalthoff, J.F. On the measurement of dynamic fracture toughnesses – a review of recent work / J.F. Kalthoff // Int. J. of Fracture. – 1985. – V. 27. – p. 277–298.
11. Spravochnik po koeffitsiyentam intensivnosti napryazheniy. – M.: Mir, 1990. – T. 1. – 448 s.

Malik Alexander Vasilievich
Tula State University,
department of mathematical modeling
Postgraduate student
300012, Tula, Lenin ave., 92
Tel: (84872)33–24–42
E–mail: runer10@mail.ru

Belaya Liliya Aleksandrovna
Tula State University,
department of mathematical modeling
Associate professor
300012, Tula, Lenin ave., 92
Tel: (84872) 33–24–88
E–mail: bliliy@yandex.ru

Lavit Igor Mikhailovich
Tula State University,
department of mathematical modeling
Professor
300012, Tula, Lenin ave., 92
Tel: (84872) 33–24–88
E–mail: IgorLavit@yandex.ru

УДК 539.375

Ф.Э. ВЕЛИЕВ

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЗОН ОСЛАБЛЕННЫХ МЕЖЧАСТИЧНЫХ СВЯЗЕЙ МАТЕРИАЛА В ИЗОТРОПНОЙ СРЕДЕ ПРИ НЕОДНОРОДНОМ НАПРЯЖЕННОМ ПОЛЕ

Дается математическое описание расчетной модели трещинообразования в изотропной среде при неоднородном напряженном поле. Принята модель зон предразрушения со связями между берегами. Задача о взаимодействии зон ослабленных межчастичных связей материала в изотропной среде под действием неоднородного напряженного поля сводится к решению системы сингулярных интегральных уравнений. Найдены нормальные и касательные усилия в связях между берегами зон предразрушения, размеры зон предразрушения, предельные значения внешней нагрузки, при которой происходит зарождение трещины в среде.

Ключевые слова: изотропная среда в неоднородном напряженном поле, зоны предразрушения со связями между берегами, силы сцепления, трещинообразование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левин, В.А. Избранные нелинейные задачи механики разрушения / В.А. Левин, Е.М. Морозов, Ю.Г. Матвиенко – М.: Физматлит, 2004. – 408 с.
2. Мирсалимов, В.М. Зарождение дефекта типа трещины во втулке контактной пары / В.М. Мирсалимов // *Мат. моделирование.* – 2005. – Т. 17. – № 2. – С. 35–45.
3. Мирсалимов, В.М. К решению задачи механики контактного разрушения о зарождении и развитии трещины со связями между берегами во втулке фрикционной пары / В.М. Мирсалимов // *Прикл. математика и механика.* – 2007. – Т. 71. – Вып. 1. – С. 132–151.
4. Панасюк, В.В. Механика квазихрупкого разрушения материалов / В.В. Панасюк – Киев: Наукова думка, 1991. – 416 с.
5. Мир–Салим–заде, М.В. Зарождение трещин в перфорированной подкрепленной пластине / М.В. Мир–Салим–заде // *Прикл. мех. и техн. физика.* – 2008. – Т. 49. – № 6. – С. 170–180.
6. Гольдштейн, Р.В. Моделирование трещиностойкости композиционных материалов / Р.В. Гольдштейн, Перельмутер М.Н. // *Вычисл. механика сплош. сред.* – 2009. – Т. 2. – № 2. – С. 22–39.
7. Cox, B.N. Concepts for bridged cracks fracture and fatigue / B.N. Cox, D.B. Marshall // *Acta Metallurgica et Materialia.* – 1994. – Vol. 42. – № 2. – P. 341–363.
8. Ji, H. Adhesion via connector molecules: The many–stitch problem / H. Ji, P.G. de Genes // *Macromolecules.* – 1993. – Vol. 26. – P. 520–525.
9. The special issue: Cohesive models // *Engineering Fracture Mechanics.* – 2003. – Vol. 70. – № 14. – P. 1741–1987.
10. Мухелишвили, Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости / Н.И. Мухелишвили – М.: Наука, 1966. – 707 с.
11. Гахов, Ф.Д. Краевые задачи / Ф.Д. Гахов – М.: Наука, 1977. – 640 с.
12. Мирсалимов, В.М. Неодномерные упругопластические задачи / В.М. Мирсалимов. – М.: Наука, 1987. – 256 с.
13. Ladopoulos, E.G. Singular Integral Equations, Linear and Non–Linear Theory and its Applications in Science and Engineering / E.G. Ladopoulos – Berlin: Springer Verlag, 2000. – 553 p.
14. Ильюшин, А.А. Пластичность / А.А. Ильюшин – М.: Логос, 2003. – 376 с.
15. Биргер, И.А. Общие алгоритмы решения задач теорий упругости, пластичности и ползучести / И.А. Биргер // *Успехи механики деформируемых сред.* – М.: Наука. – 1975. – С. 51–73.

Велиев Фарид Эльхан оглы

Институт Математики и Механики НАН Азербайджана, Азербайджан, г. Баку

Кандидат физико–математических наук, научный сотрудник

E–mail: iske@mail.ru

F.E. VELIYEV

INTERACTION OF ZONES OF WEAKENED INTERPARTICLE MATERIAL BONDS IN ISOTROPIC MEDIUM UNDER NONUNIFORM STRESS FIELD

A mathematical description of calculation model for cracking in an isotropic medium under a nonuniform stress field was given. The model of zones prefracture with bonds between the faces was adopted. The problem of interaction of the zones of weakened interparticle material bonds in an isotropic medium under influence of an inhomogeneous stress field was reduced to a system of singular integral equations. Normal and tangential forces in the bonds between the faces of prefracture zones, size of the prefracture zones and limit value of external load at which the nucleation of cracks in the medium occurs were found.

Keywords: isotropic medium in nonuniform stress field, prefracture zone with bonds between faces, cohesive forces, cracking.

BIBLIOGRAPHY

1. Levin, V.A. Izbrannyye nelineynyye zadachi mekhaniki razrusheniya / V.A. Levin, Ye.M. Morozov, YU.G. Matviyenko – М.: Fizmatlit, 2004. – 408 s.
2. Mirsalimov, V.M. Zarozhdeniye defekta tipa treshchiny vo vtulke kontaktnoy pary / V.M. Mirsalimov // *Mat. modelirovaniye.* – 2005. – Т. 17. – № 2. – С. 35–45.
3. Mirsalimov, V.M. K resheniyu zadachi mekhaniki kontaktnogo razrusheniya o zarozhdenii i razvitiitreshchiny so svyaziyami mezhduberegami vo vtulke friktsionnoy pary / V.M. Mirsalimov // *Prikl. matematika i mekhanika.* – 2007. – Т. 71. – Vyp. 1. – С. 132–151.
4. Panasyuk, V.V. Mekhanika kvazikhрупkogo razrusheniya materialov / V.V. Panasyuk – Kiyev: Naukova dumka, 1991. – 416 s.
5. Mir–Salim–zade, M.V. Zarozhdeniye treshchin v perforirovannoy podkreplennoy plastine / M.V. Mir–Salim–zade // *Prikl. mekh. i tekhn. fizika.* – 2008. – Т. 49. – № 6. – С. 170–180.
6. Goldshteyn, R.V. Modelirovaniye treshchinostoykosti kompozitsionnykh materialov / R.V. Goldshteyn, Perelmuter M.N. // *Vychisl. mekhanika splosh. sred.* – 2009. – Т. 2. – № 2. – С. 22–39.

7. Cox, B.N. Concepts for bridged cracks fracture and fatigue / B.N. Cox, D.B. Marshall // Acta Metallurgica et Materialia. – 1994. – Vol. 42. – № 2. – P. 341–363.
8. Ji, H. Adhesion via connector molecules: The many–stitch problem / H. Ji, P.G. de Genes // Macromolecules. – 1993. – Vol. 26. – P. 520–525.
9. The special issue: Cohesive models // Engineering Fracture Mechanics. – 2003. – Vol. 70. – № 14. – P. 1741–1987.
10. Muskhelishvili, N.I. Nekotoryye osnovnyye zadachi matematicheskoy teorii uprugosti / N.I. Muskhelishvili – M.: Nauka, 1966. – 707 s.
11. Gakhov, F.D. Krayevyye zadachi / F.D. Gakhov – M.: Nauka, 1977. – 640 s.
12. Mirsalimov, V.M. Neodnomernyye uprugoplasticheskiye zadachi / V.M. Mirsalimov. – M.: Nauka, 1987. – 256 s.
13. Ladopoulos, E.G. Singular Integral Equations, Linear and Non–Linear Theory and its Applications in Science and Engineering / E.G. Ladopoulos – Berlin: Springer Verlag, 2000. – 553 p.
14. Ilyushin, A.A. Plastichnost / A.A. Ilyushin – M.: Logos, 2003. – 376 s.
15. Birger, I.A. Obshchiye algoritmy resheniya zadach teorii uprugosti, plastichnosti i polzuchesti / I.A. Birger // Uspekhi mekhaniki deformiruyemykh sred. – M.: Nauka. – 1975. – S. 51–73.

Farid Valiyev Elkhan oglu

Institute of Mathematics and Mechanics of NAS of Azerbaijan, Azerbaijan, Baku

Candidate of Ph. & Math. Sciences, Researcher

E-mail: iske@mail.ru

УДК 539.3

Э.И. СТАРОВОЙТОВ, Д.В. ЛЕОНЕНКО, М.А. ЖУРАВКОВ

ПЕРЕМЕННОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ ТРЕХСЛОЙНОГО СТЕРЖНЯ ЛОКАЛЬНОЙ СИНУСОИДАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ

Рассмотрено деформирование трехслойного стержня с упругопластическими несущими слоями при переменном нагружении под действием синусоидальных нагрузок. Для описания кинематики несимметричного по толщине пакета стержня приняты гипотезы ломаной нормали. Предложена методика решения соответствующих краевых задач. Получены аналитические решения задач теории малых упругопластических деформаций при прямом и обратном нагружениях. Проведен численный анализ решений.

Ключевые слова: *знакопеременное нагружение, упругопластичность, трехслойный стержень, синусоидальная нагрузка.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болотин, В.В. Механика многослойных конструкций / В.В. Болотин, Ю.Н. Новичков. – М.: Машиностроение, 1980. – 375 с.
2. Головки, К.Г. Динамика неоднородных оболочек при нестационарных нагрузках / К.Г. Головки, П.З. Луговой, В.Ф. Мейш. – Киев: Киевский ун–т, 2012. – 541 с.
3. Журавков, М.А. Математические модели сплошных сред. Теория упругости и пластичности / М.А. Журавков, Э.И. Старовойтов. – Минск: БГУ, 2011. – 540 с.
4. Плескачевский, Ю.М. Динамика металлополимерных систем / Ю.М. Плескачевский, Э.И. Старовойтов, А.В. Яровая. – Минск: Бел. наука, 2004. – 386 с.
5. Старовойтов, Э.И. Изгиб прямоугольной трехслойной пластины на упругом основании / Э.И. Старовойтов, Е.П. Доровская // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2006. – № 3. – С. 45–50.
6. Старовойтов, Э.И. Термоупругий изгиб кольцевой трехслойной пластины на упругом основании / Э.И. Старовойтов, Д.В. Леоненко, М. Сулейман // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2006. – № 4. – С. 55–62.
7. Горшков, А.Г. Деформирование круговой трехслойной пластины на упругом основании / А.Г. Горшков, Э.И. Старовойтов, А.В. Яровая, Д.В. Леоненко // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2005. – № 1. – С. 16–22.
8. Старовойтов, Э.И. Деформирование трехслойной ортотропной пластины ступенчато–переменной толщины / Э.И. Старовойтов, Д.В. Тарлаковский // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2014. – № 2 (304). – С. 38–43.
9. Горшков, А.Г. Гармоническое нагружение слоистых вязкоупругопластических систем / А.Г. Горшков, Э.И. Старовойтов, А.В. Яровая // Изв. РАН. Механика твердого тела. – 2000. – № 6. – С. 91–98.

10. Starovoitov, E.I. Vibration of circular sandwich plates under resonance loads / E.I. Starovoitov, D.V. Leonenko, A.V. Yarovaya // International Applied Mechanics. – 2003. – № 12. – pp. 1458–1463.

11. Горшков, А.Г. Колебания трехслойных стержней под действием локальных нагрузок различных форм/ А.Г. Горшков, Э.И. Старовойтов, Д.В. Леоненко // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2004. – № 1. – С. 45–52.

12. Москвитин, В.В. К исследованию напряженно-деформированного состояния двухслойных металлополимерных пластин при циклических нагружениях / В.В. Москвитин, Э.И. Старовойтов // Изв. АН СССР. Механика твердого тела. – 1986. – № 1. – С. 116–121.

13. Ильюшин, А.А. Пластичность. Ч. 1. Упругопластические деформации / А.А. Ильюшин. – М.: Гостехиздат, 1948. – 376 с.

14. Москвитин, В.В. Циклическое нагружение элементов конструкций/ В.В. Москвитин. – М.: Наука, 1981. – 344 с.

Старовойтов Эдуард Иванович

Белорусский государственный университет транспорта
зав. кафедрой «Строительная механика» Белорусского государственного университета транспорта, доктор физ.-мат. наук, профессор
Тел.: (0232) 95–39–61
E-mail: edstar0@yandex.by

Леоненко Денис Владимирович

Белорусский государственный университет транспорта
профессор кафедры «Строительная механика» Белорусского государственного университета транспорта, доктор физ.-мат. наук, доцент
Тел.: (+375232) 95–39–61
E-mail: leoden@tut.by

Журавков Михаил Анатольевич

Белорусский государственный университет
Министерство образования РБ, зав. кафедрой «Теоретическая и прикладная механика» Белорусского государственного университета, доктор физ.-мат. наук, профессор
E-mail: zhuravkov@bsu.by

E.I. STAROVOITOV, D.V. LEONENKO, M.A. ZHURAVKOV

**THE VARIABLE DEFORMATION OF THE THREE-LAYER ROD
BY LOCAL SINUSOIDAL LOAD**

The variable loading of three-layer elastoplastic beam under local sinusoidal load is considered. For the kinematics description asymmetrical on the thickness of package accepted hypothesis broken normal. The method of solving the corresponding boundary-value problems is given. The analytical decisions of elastic-plastic problem with forward and reverse loading are received and their numeric analysis is conducted.

Keywords: *alternating loading, plasticity, three-layer beam.*

BIBLIOGRAPHY

1. Bolotin, V.V. Mekhanika mnogosloynnykh konstruktсий / V.V. Bolotin, YU.N. Novichkov. – М.: Mashinostroyeniye, 1980. – 375 s.
2. Golovko, K.G. Dinamika neodnorodnykh obolochek pri nestatsionarnykh nagruzkakh / K.G. Golovko, P.Z. Lugovoy, V.F. Meysh. – Kiyev: Kiyevskiy un-t, 2012. – 541 s.
3. Zhuravkov, M.A. Matematicheskiye modeli sploshnykh sred. Teoriya uprugosti i plastichnosti / M.A. Zhuravkov, E.I. Starovoytov. – Minsk: BGU, 2011. – 540 s.
4. Pleskachevskiy, YU.M. Dinamika metallopolimernykh sistem / YU.M. Pleskachevskiy, E.I. Starovoytov, A.V. Yarovaya. – Minsk: Bel. navuka, 2004. – 386 s.
5. Starovoytov, E.I. Izgib pryamougolnoy trekhsloynnoy plastiny na uprugom osnovanii / E.I. Starovoytov, Ye.P. Dorovskaya // Problemy mashinostroyeniya i avtomatizatsii. – 2006. – № 3. – S. 45–50.
6. Starovoytov, E.I. Termouprugiy izgib koltsevoy trekhsloynnoy plastiny na uprugom osnovanii / E.I. Starovoytov, D.V. Leonenko, M. Suleyman // Ekologicheskii vestnik nauchnykh tse ntrov Chernomorskogo ekonomicheskogo sotrudnichestva. – 2006. – № 4. – S. 55–62.
7. Gorshkov, A.G. Deformirovaniye krugovoy trekhsloynnoy plastiny na uprugom osnovanii / A.G. Gorshkov, E.I. Starovoytov, A.V. Yarovaya, D.V. Leonenko // Ekologicheskii vestnik nauchnykh tse ntrov Chernomorskogo ekonomicheskogo sotrudnichestva. – 2005. – № 1. – S. 16–22.
8. Starovoytov, E.I. Deformirovaniye trekhsloynnoy ortotropnoy plastiny stupenchato-peremennoy tolshchiny / E.I. Starovoytov, D.V. Tarlakovskiy // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2014. – № 2 (304). – S. 38–43.
9. Gorshkov, A.G. Garmonicheskoye nagruzheniye sloistykh vyzkouprugoplasticheskikh sistem / A.G. Gorshkov, E.I. Starovoytov, A.V. Yarovaya // Izv. RAN. Mekhanika tverdogo tela. – 2000. – № 6. – S. 91–98.

10. Starovoitov, E.I. Vibration of circular sandwich plates under resonance loads / E.I. Starovoitov, D.V. Leonenko, A.V. Yarovaya // International Applied Mechanics. – 2003. – № 12. – pp. 1458–1463.
11. Gorshkov, A.G. Kolebaniya trekhsloynnykh sterzhney pod deystviyem lokalnykh nagruzok razlichnykh form/ A.G. Gorshkov, E.I. Starovoytov, D.V. Leonenko // Ekologicheskiiy vestnik nauchnykh tsentrov Chernomorskogo ekonomicheskogo sotrudnichestva. – 2004. – № 1. – S. 45–52.
12. Moskvitin, V.V. K issledovaniyu napryazhenno–deformirovannogo sostoyaniya dvukhsloynnykh metallopolimernykh plastin pri tsiklicheskiikh nagruzheniyakh / V.V. Moskvitin, E.I. Starovoytov // Izv. AN SSSR. Mekhanika tverdogo tela. – 1986. – № 1. – S. 116–121.
13. Ilyushin, A.A. Plastichnost. CH. 1. Uprugoplasticheskiye deformatsii / A.A. Ilyushin. – M.: Gostekhizdat, 1948. – 376 s.
14. Moskvitin, V.V. Tsiklicheskoye nagruzheniye elementov konstruksiy/ V.V. Moskvitin. – M.: Nauka, 1981. – 344 s.

Starovoitov Eduard Ivanovich
Belarusian State University of
Transport
Head of the department «Structural
Mechanics» of the Belarusian State
University of Transport, Doctor of
Physical and Mathematical Sciences,
Professor
E-mail: edstar0@yandex.by

Leonenko Denis Vladimirovich
Belarusian State University of
Transport
Professor of «Structural mechanics»
of the Belarusian State University of
Transport, Doctor of Physical and
Mathematical Sciences, Associate
Professor
E-mail: leoden@tut.by

Zhuravkov Michael Anatolievich
Belarusian State University
Head of the department «Theoretical
and Applied Mechanics» of the
Belarusian State University, Doctor
of Physical and Mathematical
Sciences, Professor
E-mail: zhuravkov@bsu.by

МОДЕЛИРОВАНИЕ **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

УДК 539.4.015

В.Г. МАЛИНИН, Ю.Ю. МУССАУИ, Е.А. ТРИФОНОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ МАРТЕНСИТНОЙ НЕУПРУГОСТИ СПЛАВА Ti–50%Ni ПРИ СЛОЖНЫХ ТРАЕКТОРИЯХ ДЕФОРМИРОВАНИЯ В ВИДЕ СПИРАЛИ АРХИМЕДА: РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Изучено поведение материала, обладающего эффектом памяти формы (ЭПФ), при сложных траекториях изотермического деформирования в виде спирали Архимеда. Для рассматриваемого класса траекторий получены эмпирические данные, отражающие характер изменения неупругих свойств изучаемого сплава Ti–50%Ni в результате структурных преобразований исходного неориентированного мартенсита. На основании экспериментальных результатов методами структурно–аналитической мезомеханики сформулирована математическая модель и выполнен расчёт мартенситной неупругости для изучаемого класса траекторий.

Ключевые слова: *структурно–аналитическая мезомеханика; траектория деформирования по спирали Архимеда; мартенситная неупругость; экспериментальные исследования; математическая модель.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лихачёв, В. А. Структурно–аналитическая теория прочности / В. А. Лихачёв, В. Г. Малинин. – СПб.: Наука, 1993. – 471 с.
2. Андронов, И.Н. Механические свойства материалов с эффектом памяти формы при сложном температурно–силовом воздействии и ортогональном нагружении / И.Н. Андронов. – Ухта: УГТУ, 2010. – 190 с.
3. Ганыш, С.М. Простейшая математическая модель пространственного стержня, выполненного из сплава с эффектом памяти формы / С.М. Ганыш, С.С. Гаврюшин // Инженерный вестник. – 2014. – № 10. – С. 69.
4. Ганыш, С.М. Экспериментальное определение параметров диаграммы фазовых переходов для сплава с эффектом памяти формы / С.М. Ганыш, С.С. Гаврюшин, И.Н. Андронов // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2012. – № 11. – С.79–83.

5. Мовчан, А.А. Материалы с памятью формы как объект механики деформируемого твердого тела: экспериментальные исследования, определяющие соотношения, решение краевых задач / А.А. Мовчан, С.А. Казарина // Физическая мезомеханика. – 2012. – Т. 15. – № 1. – С. 105–116.

6. Мовчан, А.А. Сплавы с памятью формы: микро- и макро- механика, определяющие соотношения, краевые задачи, устойчивость / А.А. Мовчан // VI сессия научного совета РАН по механике. Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – 2012. – С. 43–45.

7. Зубчанинов, В.Г. Экспериментальная пластичность. Монография. Книга 1. Процессы сложного деформирования / В.Г. Зубчанинов, Н.Л. Охлопков, В.В. Гараников. – Тверь: ТГТУ, 2003. – 172 с.

8. Малинин, В.Г. Экспериментальное и теоретическое исследование влияния процессов сложного деформирования на эффекты мартенситной неупругости / В.Г. Малинин, Ю.Ю. Муссауи, Д.В. Ефремов // Проблемы прочности, пластичности и устойчивости в механике деформируемого твердого тела. Материалы VIII Международного научного симпозиума, посвященного 85-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора В.Г. Зубчанинова. ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет». – 2015. – С. 54–58.

9. Малинин, В.Г. Экспериментальные исследования и моделирование изотермических траекторий деформирования постоянной кривизны при мартенситных превращениях сплава Ti–50%Ni методами структурно-аналитической мезомеханики / В.Г. Малинин, Ю.Ю. Муссауи, Д.В. Ефремов // Национальная ассоциация учёных (НАУ). – 2015. – № 9 (14). – С. 103.

10. Малинин, Г.В. Деформация мартенситной неупругости при сложных траекториях изотермического нагружения в материалах с эффектом памяти формы / Г.В. Малинин. – Орёл: «Строительство и реконструкция». – 2012. – № 6 (44). – С. 88 – 96.

11. Малинин, В.Г. Экспериментальное и теоретическое исследование влияния процессов сложного нагружения на эффекты мартенситной неупругости методами структурно-аналитической мезомеханики / В.Г. Малинин, Н.А. Малинина, Г.В. Малинин, А.И. Перелыгин // Проблемы прочности, пластичности и устойчивости в механике деформируемого твердого тела. Материалы VIII Международного научного симпозиума, посвященного 85-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора В.Г. Зубчанинова. ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет». – 2015. – С. 59–65.

Малинин Владислав Георгиевич
Орловский государственный
аграрный университет
Доктор физико-математических
наук, профессор кафедры
«Инженерная графика и механика»
Орёл, ул. Генерала Родина, 69
E-mail: malinin.mvg@yandex.ru

Муссауи Юсеф Юсефович
Орловский государственный
аграрный университет
Аспирант
Орёл, ул. Генерала Родина, 69
E-mail: yusmus@yandex.ru

Трифонов Евгений Андреевич
Орловский государственный
аграрный университет
Инженер
Орёл, ул. Генерала Родина, 69
E-mail: trifonovzhenua@yandex.ru

V.G. MALININ, Y.Y. MUSSAUI, Ye.A. TRIFONOV

MARTENSITIC INELASTICITY OF ALLOY Ti–50Ni WHILE DEFROMING UNDER COMPLEX TRAJECTORIES BY ARCHIMEDES SPIRAL: EXPERIMENTAL RESULTS, MATHEMATICAL MODEL

Behavior of materials with shape memory effect (SME) while deforming under complex trajectories by Archimedes spiral is studied. For the studied class of trajectories, experimental data achieved, showing the nature of inelastic property changes of alloy Ti–50%Ni with shape memory, caused by structural transformations of non-oriented martensite. Based on experimental data mathematical model was formulated, calculation of martensitic inelasticity were made for the studied class of trajectories.

Keywords: *shape memory effect; deformation trajectory by Archimedes spiral; martensitic inelasticity; experimental research; mathematical model.*

BIBLIOGRAPHY

1. Likhachov, V. A. Strukturno-analiticheskaya teoriya prochnosti / V. A. Likhachov, V. G. Malinin. – SPb.: Nauka, 1993. – 471 s.
2. Andronov, I.N. Mekhanicheskiye svoystva materialov s efektom pamyati formy pri slozhnom temperaturno-silovom vozdeystvii i ortogonalnom nagruzhении / I.N. Andronov. – Ukhta: UGTU, 2010. – 190 s.
3. Ganysh, S.M. Prosteyshaya matematicheskaya model prostranstvennogo sterzhnya, vypolnennogo iz splava s efektom pamyati formy / S.M. Ganysh, S.S. Gavryushin // Inzhenernyy vestnik. – 2014. – № 10. – S. 69.
4. Ganysh, S.M. Eksperimentalnoye opredeleniye parametrov diagrammy fazovykh perekhodov dlya splava s efektom pamyati formy / S.M. Ganysh, S.S. Gavryushin, I.N. Andronov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroyeniye. – 2012. – № 11. – S.79 – 83.

5. Movchan, A.A. Materialy s pamyatyu formy kak ob"yekt mekhaniki deformiruyemogo tverdogo tela: eksperimentalnyye issledovaniya, opredelyayushchiye sootnosheniya, resheniye krayevykh zadach / A.A. Movchan, S.A. Kazarina // Fizicheskaya mezomekhanika. – 2012. – T. 15. – № 1. – S. 105–116.

6. Movchan, A.A. Splavy s pamyatyu formy: mikro– i makro– mekhanika, opredelyayushchiye sootnosheniya, krayevyye zadachi, ustoychivost / A.A. Movchan // VI sessiya nauchnogo sojeta RAN po mekhanike. Altayskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet im. I.I. Polzunova. – 2012. – S. 43–45.

7. Zubchaninov, V.G. Eksperimentalnaya plastichnost. Monografiya. Kniga 1. Protsessy slozhnogo deformirovaniya / V.G. Zubchaninov, N.L. Okhlopov, V.V. Garanikov. – Tver: TGTU, 2003. – 172 s.

8. Malinin, V.G. Eksperimentalnoye i teoreticheskoye issledovaniye vliyaniya protsessov slozhnogo deformirovaniya na efekty martensitnoy neuprugosti / V.G. Malinin, YU.YU. Mussau, D.V. Yefremov // Problemy prochnosti, plastichnosti i ustoychivosti v mekhanike deformiruyemogo tverdogo tela. Materialy VIII Mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma, posvyashchennogo 85–letiyu so dnya rozhdeniya zaslužennogo deyatelya nauki i tekhniki RF, professora V.G. Zubchaninova. FGBOU VPO «Tverskoy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet». – 2015. – S. 54–58.

9. Malinin, V.G. Eksperimentalnyye issledovaniya i modelirovaniye izotermicheskikh trayektoriy deformirovaniya postoyannoy krivizny pri martensitnykh prevrashcheniyakh splava Ti–50%Ni metodami strukturno–analiticheskoy mezomekhaniki / V.G. Malinin, YU.YU. Mussau, D.V. Yefremov // Natsionalnaya assotsiatsiya uchonykh (NAU). – 2015. – № 9 (14). – S. 103.

10. Malinin, G.V. Deformatsiya martensitnoy neuprugosti pri slozhnykh trayektoriyakh izotermicheskogo nagruzheniya v materialakh s efektom pamyati formy / G.V. Malinin. – Orol: «Stroitelstvo i rekonstruktsiya». – 2012. – № 6 (44). – S. 88–96.

11. Malinin, V.G. Eksperimentalnoye i teoreticheskoye issledovaniye vliyaniya protsessov slozhnogo nagruzheniya na efekty martensitnoy neuprugosti metodami strukturno–analiticheskoy mezomekhaniki / V.G. Malinin, N.A. Malinina, G.V. Malinin, A.I. Perelygin // Problemy prochnosti, plastichnosti i ustoychivosti v mekhanike deformiruyemogo tverdogo tela. Materialy VIII Mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma, posvyashchennogo 85–letiyu so dnya rozhdeniya zaslužennogo deyatelya nauki i tekhniki RF, professora V.G. Zubchaninova. FGBOU VPO «Tverskoy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet». – 2015. – S. 59–65.

Malinin Vladislav Georgiyevich
Oryol State Agrarian University
Doctor of physico–mathematical sciences, Professor of «Engineering graphics and mechanics» department
Oryol, Generala Rodina street, 69
E–mail: malinin.mvg@yandex.ru

Mussau Yusef Yussefovich
Oryol State Agrarian University
Post–graduate student
Oryol, Generala Rodina street, 69
E–mail: yusmus@yandex.ru

Trifonov Yevgeniy Andreyevich
Oryol State Agrarian University
Engineer
Oryol, Generala Rodina street, 69
E–mail: trifonovzhenua@yandex.ru

КОНСТРУИРОВАНИЕ, **РАСЧЕТЫ, МАТЕРИАЛЫ**

УДК 621.7.043

В.А. ГОЛЕНКОВ, С.И. ВДОВИН, О.В. ДОРОФЕЕВ, Н.В. ТАТАРЧЕНКОВ, Е.В. ДЖАМЦ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ГИБКИ ТРУБ НАМАТЫВАНИЕМ

В работе представлено описание экспериментальной установки процессом гибки труб намотывание. Установка предназначена для гибки алюминиевых труб намотыванием по круглому копиру с различной установкой дорна (опережающей или отстающей) и без него. Данная установка применяется для научных исследований.

Ключевые слова: гибка труб, круглый копир, дорн, намотывание, деформация, обкатывающий ролик, экспериментальная установка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Franz, W.–D. Maschinelles Rohrbiegen. Verfahren und Maschinen / W.–D. Franz. – Düsseldorf: VDI–Verlag, 1988. – 237 s.
2. Марьин, Б.Н. Изготовление трубопроводов гидрогазовых систем летательных аппаратов / Б.Н.Марьин, В.М.Сапожников, Ю.Л.Иванов и др. – М.: Машиностроение, 1998. – 400 с.
3. Лукьянов, В.П. Штамповка, гибка деталей для сварных сосудов, аппаратов и котлов / В.П. Лукьянов, И.И. Маткава, В.А. Бойко. – М.: Машиностроение, 2003. – 512 с.
4. Гальперин, А.И. Машины и оборудование для изготовления криволинейных участков трубопроводов / А.И. Гальперин. – М.: НЕДРА, 1983. – 203 с.

5. Никитин, В.А. Проектирование станков холодной и горячей гибки труб / В.А. Никитин. – СПб.: ОАО «ЦТСС», 2011. – 236 с.
6. Franz, W.–D. Das Kalt–Biegen von Rohren. Verfahren und Maschinen / W.–D. Franz. – Springer–Verlag. Berlin/Göttingen/Heidelberg/, 1961.
7. Вдовин, С.И. Деформации трубы при гибке моментом /С.И. Вдовин, В.Н. Михайлов, Н.В. Татарченков / Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2009. – № 2/274 (560). – С. 62– 65.

Голенков Вячеслав Александрович
Приокский государственный университет, г. Орел
Доктор технических наук, профессор, президент
E–mail: da_shy@inbox.ru

Вдовин Сергей Иванович
Приокский государственный университет, г. Орел
Доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизированные процессы и машины бесстружковой обработки материалов»
E–mail: da_shy@inbox.ru

Дорофеев Олег Васильевич
Приокский государственный университет, г. Орел
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированные процессы и машины бесстружковой обработки материалов»
E–mail: da_shy@inbox.ru

Татарченков Николай Владимирович
Приокский государственный университет, г. Орел
Учебный мастер кафедры «Автоматизированные процессы и машины бесстружковой обработки материалов»
E–mail: da_shy@inbox.ru

Джамц Екатерина Викторовна
Приокский государственный университет, г. Орел
Аспирантка кафедры «Автоматизированные процессы и машины бесстружковой обработки материалов»
E–mail: da_shy@inbox.ru

V.A. KOLESNIKOV, S.I. VDOVIN, G.V. DOROFEYEV, N.V. TATARCHENKOV, Ye.V. DZHAMTS

EXPERIMENTAL LAUNCHER FOR FLEXIBLE PIPE WINDING

The work describes the experimental installation equipment of winding tube bending. The equipment is designed for bending aluminum tubes for winding round cam with a different installation mandrel (leading or lagging) and without it. This equipment is used for scientific research.

Keywords: tube bending, round cam, mandrel, winding, deformation, press roller, experimental installation.

BIBLIOGRAPHY

1. Franz, W.–D. Maschinelles Rohr Biegen. Verfahren und Maschinen / W.–D. Franz. – Düsseldorf: VDI–Verlag, 1988. – 237 s.
2. Marin, B.N. Izgotovleniye truboprovodov gidrogazovykh sistem letatelnkh apparatov / B.N.Marin, V.M.Sapozhnikov, YU.L.Ivanov i dr. – М.: Mashinostroyeniye, 1998. – 400 s.
3. Lukyanov, V.P. Shtampovka, gibka detaley dlya svarnykh sosudov, apparatov i kotlov / V.P. Lukyanov, I.I. Matkava, V.A. Boyko. – М.: Mashinostroyeniye, 2003. – 512 s.
4. Galperin, A.I. Mashiny i oborudovaniye dlya izgotovleniya krivolineynykh uchastkov truboprovodov / A.I. Galperin. – М.: NEDRA, 1983. – 203 s.
5. Nikitin, V.A. Proyektirovaniye stankov kholodnoy i goryachey gibki trub / V.A. Nikitin. – SPb.: ОАО «ТСТСС», 2011. – 236 с.
6. Franz, W.–D. Das Kalt–Biegen von Rohren. Verfahren und Maschinen / W.–D. Franz. – Springer–Verlag. Berlin/Göttingen/Heidelberg/, 1961.
7. Vdovin, S.I. Deformatsii truby pri gibke momentom /S.I. Vdovin, V.N. Mikhaylov, N.V. Tatarchenkov / Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2009. – № 2/274 (560). – S. 62– 65.

Golenkov Vyacheslav Aleksandrovich
Prioksky State University, Orel
Dr., prof., president of university
E–mail: da_shy@inbox.ru

Vdovin Sergey Ivanovich
Prioksky State University, Orel
Doctor of Technical Sciences, Professor of «Automated processes and material handling machines»
E–mail: da_shy@inbox.ru

Dorofeev Oleg Vasilevich
Prioksky State University, Orel
Ph.D., Associate Professor of «Automated processes and material handling machines»
E–mail: da_shy@inbox.ru

Tatarchenkov Nikolay Vladimirovich
Prioksky State University, Orel
Educational master of faculty «Automated processes and material handling machines»
E–mail: da_shy@inbox.ru

Dzhamc Ekaterina Viktorovna
Prioksky State University, Orel
Postgraduate student «Automated processes and material handling machines»
E–mail: da_shy@inbox.ru

Т.В. ФЁДОРОВ, П.Г. МОРЕВ

NURBS–АППРОКСИМАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КРИВЫХ УПРОЧНЕНИЯ. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

На широком классе материалов тестируется метод аппроксимации экспериментальных кривых упрочнения, основанный на дробно–рациональных B–сплайнах (NURBS–функциях). Ограничиваясь лишь тремя опорными точками и кривизной, задаваемыми в сумме шестью параметрами, можно, тем не менее, получать хорошие приближения экспериментальных данных. Рассматриваются как кривые на конечном интервале деформаций, так и кривые с линейной асимптотикой на бесконечности, причём в последнем случае для определения точки перехода кривой в линейный режим её удобно представить в приведённых координатах.

Ключевые слова: деформационное упрочнение, кривая упрочнения, сплайн–аппроксимация, дробно–рациональный сплайн.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фёдоров, Т.В. Аппроксимация экспериментальных кривых упрочнения неоднородными дробно–рациональными B–сплайнами / Т.В. Фёдоров // *Фундаментальные проблемы техники и технологии*. – 2014. – № 1 (303). – С. 64–68.
2. Фёдоров, Т.В. NURBS–аппроксимация экспериментальных кривых упрочнения с линейной асимптотикой / Т.В. Фёдоров, П.Г. Морев // *Известия ТулГУ. Серия Технические науки*. – 2013. – № 4. – С. 409–413.
3. Джонсон, У. Теория пластичности для инженеров / У. Джонсон, П.Б. Меллор / Пер. А.Г. Овчинников. – М.: Машиностроение, 1979. – 567 с.
4. Ли, К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) / К. Ли. – Спб.: Питер, 2004. – 560 с.
5. Кроха, В.А. Упрочнение металлов при холодной пластической деформации: Справочник / В.А. Кроха. – М.: Машиностроение, 1980. – 157 с.

Морев Павел Геннадьевич
ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орёл
Кандидат физико–математических наук, науч. сотр.
лаб. новых материалов
E–mail: paulorel@mail.ru

Фёдоров Тимофей Васильевич
ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орёл
Кандидат технических наук, доц. каф. АВТОПЛАСТ
E–mail: timofeyfedorov@rambler.ru

T.V. FEDOROV, P.G. MOREV

AN APPROXIMATION OF STRAIN–STRESS CURVES, BASED ON NONUNIFORM RATIONAL B–SPLINE (NURBS). PRACTICAL IMPLEMENTATION

An effective approximation by nonuniform rational B–spline (NURBS) for experimental stress–strain curves is tested on a broad class of materials. The spline is determined by only 6 parameters (3 poles and curve curvature), but, nevertheless, a good approximation of experimental data is provided. Both finite curves and infinite ones with linear asymptotic are considered and in the latter case it is convenient to represent an experimental curve in some special coordinates to determine the point of switch over a linear regime of hardening.

Keywords: work hardening, stress–strain curve, spline–approximation, nonuniform rational B–spline.

BIBLIOGRAPHY

1. Fedorov, S.V. Approksimatsiya eksperimentalnykh krivyykh uprochneniya neodnorodnymi drobnoratsionalnymi B–splaynami / T.V. Fedorov // *Fundamentalnyye problemy tekhniki i tekhnologii*. – 2014. – № 1 (303). – S. 64–68.
2. Fedorov, T.V. NURBS–approksimatsiya eksperimentalnykh krivyykh uprochneniya s lineynoy asimptotikoy / T.V. Fedorov, P.G. Morev // *Izvestiya TulGU. Seriya Tekhnicheskiye nauki*. – 2013. – № 4. – S. 409–413.
3. Dzhonson, U. Teoriya plastichnosti dlya inzhenerov / U. Dzhonson, P.B. Mellor / Per. A.G. Ovchinnikov. – М.: Mashinostroyeniye, 1979. – 567 s.
4. Li, K. Osnovy SAPR (CAD/CAM/CAE) / K. Li. – Spb.: Piter, 2004. – 560 s.
5. Krokha, V.A. Uprochneniye metallov pri kholodnoy plasticheskoy deformatsii: Spravochnik / V.A. Krokha. – М.: Mashinostroyeniye, 1980. – 157 s.

Morev Pavel Gennadevich
VPO State University – ESPC, Orel
Candidate of physical and mathematical sciences,

Fedorov Timofey Vasilyevich
VPO State University – ESPC, Orel
PhD, Assoc. cafes. AVTOPLAST

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ **И ИНСТРУМЕНТЫ**

УДК 534–8

Р.И. НИГМЕТЗЯНОВ, С.К. СУНДУКОВ, Д.С. ФАТЮХИН

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ АДДИТИВНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

Аддитивные технологии позволяют производить изделия уникальной формы, которые невозможно изготовить традиционными технологиями. Главным недостатком аддитивных технологий является низкое качество поверхности получаемого изделия. В статье рассмотрено применение ультразвуковой жидкостной обработки с целью снижения параметров шероховатости таких изделий. Для оптимизации и повышения эффективности обработки предложены разработанные в МАДИ технологические установки.

Ключевые слова: аддитивные технологии, селективное лазерное плавление, поверхностный слой, ультразвуковая жидкостная обработка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wohlers, T. Wohlers report 2013: Additive manufacturing and 3D printing state of the industry / T. Wohlers // Annual worldwide progress report, Wohlers Associates, 2013. – 297 p.
2. Конов, С.Г. Перспективы применения ультразвуковых технологий в аддитивном производстве / С.Г. Конов, Д.В. Котобан, С.К. Сундуков, Д.С. Фатюхин // Научные технологии в машиностроении. – 2015. – № 9. – С. 28–34.
3. Григорьев, С.Н. Перспективы развития инновационного аддитивного производства в России и за рубежом / С.Н. Григорьев, И.Ю. Смуров // Инновации. – 2013. – С. 18–22.
4. Приходько, В.М. Ультразвуковые технологии при производстве, эксплуатации и ремонте автотракторной техники / В.М. Приходько. – М.: Издательство «Техполиграфцентр», 2003. – 253с.
5. Fatyukhin, D.S. Ultrasonic cleaning equipment for automobile components / D.S. Fatyukhin // Russian engineering research. – 2012. – № 3. – p. 305–307.
6. Нигметзянов, Р.И. Разработка технологических установок для ультразвуковой очистки изделий автотракторной техники / Р.И. Нигметзянов, В.М. Приходько, С.К. Сундуков // Научные технологии в машиностроении. – 2015. – № 10. – С. 22–26.

Нигметзянов Равиль Исламович
Московский автомобильно–
дорожный государственный
технический университет (МАДИ)
Кандидат технических наук,
доцент кафедры «Технология
конструкционных материалов»
E-mail: lefmo@yandex.ru

Сундуков Сергей Константинович
Московский автомобильно–
дорожный государственный
технический университет (МАДИ)
Кандидат технических наук, доцент
кафедры «Технология
конструкционных материалов»
E-mail: sergey-lefmo@yandex.ru

Фатюхин Дмитрий Сергеевич
Московский автомобильно–
дорожный государственный
технический университет
(МАДИ)
доктор технических наук,
профессор кафедры «Технология
конструкционных материалов»
E-mail: mitriy2@yandex.ru

R.I. AKHMETZANOV, S.K. SUNDUKOV, D.S. FATYUKHIN

EFFECT OF ULTRASONIC TREATMENT ON SURFACE ROUGHNESS PARTS OBTAINED ADDITIVE TECHNOLOGY

Additive technologies allow to produce unique product shapes that are impossible to manufacture with traditional technologies. The main drawback of additive technologies is the low surface quality of the resulting product. The article discusses the use of ultrasonic liquid processing to reduce roughness parameters of such products. To optimize and improve the efficiency of processing the developed in MADI technological installations.

Keywords: additive technologies, selective laser melting, the surface layer, ultrasonic liquid processing.

BIBLIOGRAPHY

1. Wohlers, T. Wohlers report 2013: Additive manufacturing and 3D printing state of the industry / T. Wohlers // Annual worldwide progress report, Wohlers Associates, 2013. – 297 p.
2. Konov, S.G. Perspektivy primeneniya ultrazvukovykh tekhnologiy v additivnom proizvodstve / S.G. Konov, D.V. Kotoban, S.K. Sundukov, D.S. Fatyukhin // Naukoyemkiye tekhnologii v mashinostroyenii. – 2015. – № 9. – S. 28–34.
3. Grigoryev, S.N. Perspektivy razvitiya innovatsionnogo additivnogo proizvodstva v Rossii i za rubezhom / S.N. Grigoryev, I.YU. Smurov // Innovatsii. – 2013. – S. 18–22.
4. Prikhodko, V.M. Ultrazvukovyye tekhnologii pri proizvodstve, ekspluatatsii i remonte avtotraktornoy tekhniki / V.M. Prikhodko. – M.: Izdatelstvo «Tekhpolygon», 2003. – 253s.
5. Fatyukhin, D.S. Ultrasonic cleaning equipment for automobile components / D.S. Fatyukhin // Russian engineering research. – 2012. – № 3. – p. 305–307.
6. Nigmatzyanov, R.I. Razrabotka tekhnologicheskikh ustanovok dlya ultrazvukovoy ochkistki izdeliy avtotraktornoy tekhniki / R.I. Nigmatzyanov, V.M. Prikhodko, S.K. Sundukov // Naukoyemkiye tekhnologii v mashinostroyenii. – 2015. – № 10. – S. 22–26.

Akhmetzyanov Ravil Islamovich
Moscow State Automobile and Road
Technical University (MADI)
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the
Department «Technology of
construction materials»
E-mail: lefmo@yandex.ru

Sundukov Sergey Konstantinovich
Moscow State Automobile and Road
Technical University (MADI)
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the
Department «Technology of
construction materials»
E-mail: sergey-lefmo@yandex.ru

Fatyukhin Dmitriy Sergeevich
Moscow State Automobile and Road
Technical University (MADI)
Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department
«Technology of construction
materials»
E-mail: mitriy2@yandex.ru

УДК 621.9.047

Е.В. СМОЛЕНЦЕВ, А.М. КАДЫРМЕТОВ, М.В. КОНДРАТЬЕВ, Е.С. БОБРОВ

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ ПЛАЗМЕННЫХ УПРОЧНЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ

Рассмотрена проблема повышения стойкости инструмента путем нанесения износостойких покрытий. Однако, отсутствие технологически обоснованных методов и оптимальных режимов затрудняют этот процесс. Предложен способ финишного плазменного упрочнения металлов, который позволяет оценить качество износостойких тонкопленочных покрытий и оптимизировать режимы нанесения.

Ключевые слова: износостойкие покрытия; тонкопленочные покрытия; очистка заготовки; адгезия; когезия; микротвердость; режимы нанесения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поландова, Л.И. Высокие технологии в инновационной экономике / Е.Ю. Степанова, Л.И. Поландова // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2007. – № 3. – С. 156–167.
2. Степанова, Е.Ю. Научно-технические отрасли и высокие технологии – основа технологической безопасности и независимости страны / Е.Ю. Степанова // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2014. – № 2 (304). – С. 122–132.
3. Степанова, Е.Ю. Экспортные ограничения США и ЕС как стимул к развитию наукоемких и высокотехнологических секторов экономики / Е.Ю. Степанова // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2014. – № 3 (305) – С. 96–103.
4. Фокин, М. Станки под контролем границы. – URL: <http://rusplt.ru/society/stanki-pod-kontrolem-zagranitsyi-15840.html>. – Дата обращения: 20.05.2015.
5. Соснин, Н.А. Плазменные технологии. Руководство для инженеров / Н.А. Соснин, С.А. Ермаков, П.А. Тополянский. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского политехнического университета, 2008. – 406 с.
6. Тополянский, П.А. Опыт нанесения электроискровых покрытий на режущий инструмент и штамповую оснастку / П.А. Тополянский // Металлообработка. – 2004. – № 6(24). – С. 37–40.
7. Кадырметов, А.М. Особенности процесса воздушно-плазменного нанесения и упрочнения покрытий / А.М. Кадырметов, Г.А. Сухочев // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2009. – № 4 (52). – С. 25–28.

8. Кадырметов, А.М. Исследование процессов плазменного нанесения и упрочнения покрытий и пути управления их качеством / А.М. Кадырметов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 81. – С. 308–325.

Смоленцев Евгений Владиславович

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж
Доктор технических наук, доцент кафедры
«Технология машиностроения»
E-mail: smolentsev.rabota@gmail.ru

Кондратьев Михаил Вячеславович

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж
Старший преподаватель кафедры
«Автоматизированное оборудование
машиностроительного производства»
E-mail: 540520@mail.ru

Кадырметов Анвар Минирович

Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф.Морозова, г. Воронеж
Доктор технических наук, профессор, доцент кафедры
«Производство, ремонт и эксплуатация машин»
E-mail: kadyrmetov.a@mail.ru

Бобров Евгений Сергеевич

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж
Аспирант кафедры «Технология машиностроения»
E-mail: evgeny71job@gmail.ru

Ye.V. SMOLENTSEV, A.M. KADYRMETOV, M.V. KONDRATYEV, Ye.S. BOBROV

OPTIMIZATION OF PROCESS OF APPLICATION PLASMA HARDENING COATING

Considered the problem increasing tool life by applying an wear-resistant coatings. However, the lack of technology-based methods and optimal regimes complicate this process. A method for finishing plasma hardening of metals which allows evaluate the quality of the wear-resistant thin-film coatings and optimize application regimes.

Keywords: wear-resistant coating; thin-film coating; cleaning of workpiece; adhesion; cohesiveness; microhardness; application regime.

BIBLIOGRAPHY

1. Polandova, L.I. Vysokiye tekhnologii v innovatsionnoy ekonomike / Ye.YU. Stepanova, L.I. Polandova // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2007. – № 3. – С. 156–167.
2. Stepanova, Ye.YU. Naukoyemkiye otrasli i vysokiye tekhnologii – osnova tekhnologicheskoy bezopasnosti i nezavisimosti strany / Ye.YU. Stepanova // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2014. – № 2 (304). – С. 122–132.
3. Stepanova, Ye.YU. Eksportnyye ogranicheniya SSHA i YES kak stimul k razvitiyu naukoyemkikh i vysokotekhnologichnykh sektorov ekonomiki / Ye.YU. Stepanova // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2014. – № 3 (305) – С. 96–103.
4. Fokin, M. Stanki pod kontrolem zagranitsy. – URL: <http://rusplt.ru/society/stanki-pod-kontrolem-zagranitsyi-15840.html>. – Data obrashcheniya: 20.05.2015.
5. Sosnin, N.A. Plazmennyye tekhnologii. Rukovodstvo dlya inzhenerov / N.A. Sosnin, S.A. Yermakov, P.A. Topolyanskiy. – SPb.: Izd-vo Sankt-Peterburgskogo politekhnicheskogo universiteta, 2008. – 406 s.
6. Topolyanskiy, P.A. Opyt naneseniya elektroiskrovnykh pokrytiy na rezhushchiy instrument i shtampovuyu osnastku / P.A. Topolyanskiy // Metalloobrabotka. – 2004. – № 6(24). – С. 37–40.
7. Kadyrmetov, A.M. Osobennosti protsessa vozdušno-plazmennogo naneseniya i uprochneniya pokrytiy / A.M. Kadyrmetov, G.A. Sukhochev // Uprochnyayushchiye tekhnologii i pokrytiya. – 2009. – № 4 (52). – С. 25–28.
8. Kadyrmetov, A.M. Issledovaniye protsessov plazmennogo naneseniya i uprochneniya pokrytiy i puti upravleniya ikh kachestvom / A.M. Kadyrmetov // Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 81. – С. 308–325.

Smolentsev Evgeny Vladislavovich

Voronezh State Technical University, Voronezh
Doctor of Technical Sciences, assistant professor of chair
«Technology of Mechanical Engineering»
E-mail: smolentsev.rabota@gmail.ru

Kadyrmetov Anvar Minirovich

Voronezh State Forestry University of G. F. Morozov,
Voronezh
Doctor of Technical Sciences, professor, assistant
professor of chair «Production, repair and operation of
machinery»

E-mail: kadyrmetov.a@mail.ru

Kondratiev Mikhail Vyacheslavovich
Voronezh State Technical University, Voronezh
Senior teacher of chair «The automated equipment of
machine–building production»
E-mail: 540520@mail.ru

Bobrov Evgeny Sergeevich
Voronezh State Technical University, Voronezh
Graduate student of chair «Technology of Mechanical
Engineering»
E-mail: evgeny71job@gmail.ru

УДК 621.02.001.63

С.Г. ЕМЕЛЬЯНОВ, Ю.А. МАЛЬНЕВА, О.Г. КУЦ

НАЗНАЧЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ТОЧНОСТИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВЕ УСТАНОВЛЕНИЯ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕЙ СИСТЕМЫ НА ПОГРЕШНОСТЬ ОБРАБОТКИ

В статье описано назначение требований к точности металлорежущего инструмента на основе установления взаимного влияния основных элементов металлорежущей системы на погрешность обработки.

Ключевые слова: металлорежущий инструмент, точность, металлорежущая система.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Решетов, Д.Н. Точность металлорежущих станков / Д.Н. Решетов, В.Т. Портман. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.
2. Ивахненко, А.Г. Концептуальное проектирование металлорежущих систем. Структурный синтез / А.Г. Ивахненко; Хабаровск: Изд-во ХГТУ, 1998. – 124 с.
3. Ивахненко, А.Г. Структурно–параметрический синтез технологических систем / А.Г. Ивахненко, В.В. Куц, Курск. гос. техн. ун–т. Курск, 2010. –153 с.
4. Ивахненко, А.Г. Предпроектные исследования металлорежущих систем / А.Г. Ивахненко, В.В. Куц // Юго–Западный государственный университет. Курск, 2013. – 188 с.
5. Ивахненко, А.Г. Методология структурно–параметрического синтеза металлорежущих систем: монография / А.Г. Ивахненко, В.В. Куц, О.Ю. Еренков, А.В. Олейник, М.Ю. Сариллов // КнаАГТУ, 2015. – 282 с.
6. Ивахненко, А.Г. Выявление геометрических погрешностей металлорежущих станочных систем, влияющих на точность обработки / А.Г. Ивахненко, В.В. Куц, С.Б. Долженкова // Известия Курского государственного технического университета. – 2010. – № 2 (31). – С. 60–65.
7. Анисеева, О.В. Прогнозирование параметрической надежности прецизионного технологического оборудования / О.В. Анисеева, А.Г. Ивахненко, В.В. Куц // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2013. – № 2 (298). – С. 159–164.
8. Куц, В.В. Обеспечение точности специализированной металлорежущей системы для обработки РК–профильных валов на раннем этапе проектирования / В.В. Куц, Ю.А. Максименко // Известия Юго–Западного государственного университета. Серия Техника и технологии. – 2012. – № 2. – Ч. 1. – С. 65–69.
9. Справочник технолога–машиностроителя. В 2–х т. Т. 1 / Подред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4–е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
10. ГОСТ 17734–88. Станки фрезерные консольные. Нормы точности и жесткости. – Москва: Изд–во стандартов, 1989. – 6 с.
11. ГОСТ 25346–89. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений. – Москва: Изд–во стандартов, 1989. – 6 с.
12. Куц, В.В. Проектирование дисковых фрез с конструктивной радиальной подачей для обработки профильных валов: монография / В.В. Куц; Ю.А. Мальнева, А.А. Горохов Курск: ЮЗГУ, 2015. – 132 с.

Емельянов Сергей Геннадьевич
Юго–Западный государственный
университет, г. Курск
Доктор технических наук,
профессор, ректор ЮЗГУ
Тел.: 50–48–08
E-mail: rector@swsu.ru

Мальнева Юлия Андреевна
Юго–Западный государственный
университет, г. Курск
Кандидат технических наук, старший
преподаватель кафедры «Автомобили,
транспортные системы и процессы»
Тел.: 8–951–333–92–99
E-mail: yuliyamaximencko2010@yandex.ru

Куц Ольга Геннадьевна
Юго–Западный
государственный
университет, г. Курск
магистр кафедры
«Машиностроительные
технологии и оборудование»
Тел.: (4712) 32–61–00

S.G. YEMELYANOV, Yu.A. MALNEVA, O.G. KUTS

APPOINTMENT REQUIREMENTS FOR ACCURACY OF METAL INSTRUMENTS BASED ON THE ESTABLISHMENT OF MUTUAL INFLUENCE OF MAIN ELEMENTS METALWORKING SYSTEM FOR ERROR TREATMENT

The paper describes the purpose of the accuracy requirements of cutting tools on the basis of the determination of the mutual influence of the basic elements of the metal-cutting system on error processing.

Keywords: metal cutting tools, precision metal cutting system.

BIBLIOGRAPHY

1. Reshetov, D.N. Tochnost metallorezhushchikh stankov / D.N. Reshetov, V.T. Portman. – M.: Mashinostroyeniye, 1986. – 336 s.
2. Ivakhnenko, A.G. Kontseptualnoye proyektirovaniye metallorezhushchikh sistem. Strukturnyy sintez / A.G. Ivakhnenko; Khabarovsk: Izd-vo KHGTU, 1998. – 124 s.
3. Ivakhnenko, A.G. Strukturno-parametricheskii sintez tekhnologicheskikh sistem / A.G. Ivakhnenko, V.V. Kuts, Kursk. gos. tekhn. un-t. Kursk, 2010. – 153 s.
4. Ivakhnenko, A.G. Predproyektnyye issledovaniya metallorezhushchikh sistem / A.G. Ivakhnenko, V.V. Kuts // Yugo-Zapadnyy gosudarstvennyy universitet. Kursk, 2013. – 188 s.
5. Ivakhnenko, A.G. Metodologiya strukturno-parametricheskogo sinteza metallorezhushchikh sistem: monografiya / A.G. Ivakhnenko, V.V. Kuts, O.YU. Yerenkov, A.V. Oleynik, M.YU. Sarilov // KnaAGTU, 2015. – 282 s.
6. Ivakhnenko, A.G. Vyyavleniye geometricheskikh pogreshnostey metallorezhushchikh stanochnykh sistem, vliyayushchikh na tochnost obrabotki / A.G. Ivakhnenko, V.V. Kuts, S.B. Dolzhenkova // Izvestiya Kurskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2010. – № 2 (31). – S. 60–65.
7. Anikeyeva, O.V. Prognozirovaniye parametricheskoy nadezhnosti pretsizionnogo tekhnologicheskogo oborudovaniya / O.V. Anikeyeva, A.G. Ivakhnenko, V.V. Kuts // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2013. – № 2 (298). – S. 159–164.
8. Kuts, V.V. Obespecheniye tochnosti spetsializirovannoy metallorezhushchey sistemy dlya obrabotki RK-profilnykh valov na rannem etape proyektirovaniya / V.V. Kuts, YU.A. Maksimenko // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Tekhnika i tekhnologii. – 2012. – № 2. – CH. 1. – S. 65–69.
9. Spravochnik tekhnologa-mashinostroitelya. V 2-kh t. T. 1 / Podred. A. G. Kosilovoy i R. K. Meshcheryakova. – 4-ye izd., pererab. i dop. – M.: Mashinostroyeniye, 1986. – 656 s.
10. GOST 17734–88. Stanki frezernyye konsolnyye. Normy tochnosti i zhestkosti. – Moskva: Izd-vo standartov, 1989. – 6 s.
11. GOST 25346–89. Osnovnyye normy vzaimozamenyayemosti. Yedinaya sistema dopuskov i posadok. Obshchiye polozheniya, ryady dopuskov i osnovnykh otkloneniy. – Moskva: Izd-vo standartov, 1989. – 6 s.
12. Kuts, V.V. Proyektirovaniye diskovoykh frez s konstruktivnoy radialnoy podachey dlya obrabotki profilnykh valov: monografiya / V.V. Kuts; YU.A. Malneva, A.A. Gorokhov Kursk: YUZGU, 2015. – 132 s.

Yemelyanov Sergey Gennadyevich
Southwestern State University, Kursk
Doctor of Technical Sciences,
Professor, Rector SWSU
Ph.: 50–48–08
E-mail: rector@swsu.ru

Malneva Yuliya Andreyevna
Southwestern State University, Kursk
Candidate of Technical Sciences,
Senior Lecturer of the Department
«Automobiles, Transport Systems and
Processes»
Ph.: 8–951–333–92–99
E-mail: yuliyamaximenko2010@yandex.ru

Kuts Olga Gennadyevna
Southwestern State University, Kursk
Master of the department
«Engineering technologies and
equipment»
Ph.: (4712) 32–61–00
E-mail: kuc-olga@yandex.ru

УДК 621.923.6

В.А. ПАНАЙОТИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИИ РЕЛЬЕФА РЕЖУЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЬБОРОВОГО КРУГА ПРИ ШЛИФОВАНИИ С ТВЕРДОЙ СМАЗКОЙ

В статье рассмотрен механизм взаимодействия эльборового круга и поверхности обрабатываемой детали при шлифовании и установлено влияние твердой смазки на

механические и режущие свойства инструмента при шлифовании, показано положительное влияние смазывания на различные показатели: твердость связки круга и геометрические показатели рельефа режущей поверхности: относительную опорную длину профиля, высоту сглаживания профиля, средний шаг между зернами эльбора, среднее количество вершин зерен после шлифования, что приводит к уменьшению коэффициента абразивного резания, удельной работы шлифования и улучшению качества обработанной поверхности.

Ключевые слова: твердая смазка, эльборовый круг, быстрорежущая сталь, рельеф поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смазочно–охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием: Справочник. Под общ. ред. Л.В. Худобина. – М.: Машиностроение. 2006. – 544 с.
2. Швецова, Е.Н. Классификация видов разрушения поверхности деталей в условиях сухого и граничного трения / Е.Н. Швецова, И.В. Крагельский. – Сб. «Трение и износ в машинах». – М.: Изд-во АН СССР. – 1953. – С. 18–34.
3. Кушнир, А.П. Имитационное моделирование прохождения твердого тела через преграду/А.П. Кушнир // Вестник МГТУ МИРЭА. – 2015. – № 4 (9). – Т. 2. – С. 116–126.
4. Панайоти, В.А. Разработка состава твердой смазки для заточки инструмента из сверхтвердых материалов. Фундаментальные исследования и инновационные технологии в машиностроении / В.А. Панайоти. – Сб. научных трудов международной научной конференции (Москва, июнь 2010 г.). – М.: Машиностроение. – 2010. – С. 173–175.
5. Панайоти, В.А. Повышение эффективности шлифования при использовании твердых смазок / В.А. Панайоти. Научные труды 11 Международной научной конференции «Фундаментальные исследования и инновационные технологии в машиностроении». – М.: ИМАШ РАН. – 2012. – С. 337–338.
6. Панайоти, В.А. Влияние твердых смазок на фазовый состав шлифованной поверхности быстрорежущих сталей / В.А. Панайоти. Научные труды IV Международная конференция «Фундаментальные исследования и инновационные технологии в машиностроении». ИМАШ РАН. – М.: Издательский дом «Спектр». – 2015. – С. 189–190.
7. Корнаев, А.В. Роль нанотехнологий в развитии гидродинамической теории смазки /А.В. Корнаев, Л.А. Савин, Ю.С. Степанов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2013. – № 6 (302). – С. 69–74.
8. Савин, Л.А. Перспективы разработки энергоэффективной гибридной гидродинамической смазки на основе наноматериалов / Л.А. Савин, Ю.С. Степанов, А.В. Корнаев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2014. – № 6 (308). – С. 60–69.

Панайоти Владимир Александрович

Московский технологический университет
119454 г. Москва, Проспект Вернадского, д. 78
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: lek00@mail.ru

V.A. PANAYOTI

ANALYSIS OF THE GEOMETRY OF CUTTING SURFACES RELIEF CBN WHEELS FOR GRINDING OF SOLID LUBRICANT

The article describes the mechanism of interaction of CBN wheel and the surface of the workpiece during grinding and set the effect of solid lubricant on the mechanical and cutting properties of the tool during grinding, shows a positive effect the lubrication of various indicators: hardness range of bundles and geometric figures of the relief cutting surface: relative to the reference length of the profile, smoothing height profile, the mean spacing between the CBN grains, the average number of peaks after the grinding grains, which reduces the abrasive cutting rate, the specific grinding work and improve the quality of the machined surface.

Keywords: solid lubricant, cbn circle, high-speed steel, surface topography.

BIBLIOGRAPHY

1. Smazochno–okhlazhdayushchiye tekhnologicheskkiye sredstva i ikh primeneniye pri obrabotke rezaniyem: Spravochnik. Pod obshch. red. L.V. Khudobina. – М.: Mashinostroyeniye, 2006. – 544 s.
2. Shvetsova, Ye.N. Klassifikatsiya vidov razrusheniya poverkhnosti detaley v usloviyakh sukhogo i granichnogo treniya / Ye.N. Shvetsova, I.V. Kragelskiy. – Sb. «Treniye i iznos v mashinakh». – М.: Izd-vo AN SSSR. – 1953. – S. 18–34.
3. Kushnir, A.P. Imitatsionnoye modelirovaniye prokhozheniya tverdogo tela cherez pregradu/A.P. Kushnir // Vestnik MGTU MIREA. – 2015. – № 4 (9). – Т. 2. – S. 116–126.
4. Panayoti, V.A. Razrabotka sostava tverdoy smazki dlya zatochki instrumenta iz sverkhтвердых материалов. Fundamentalnyye issledovaniya i innovatsionnyye tekhnologii v mashinostroyenii / V.A. Panayoti. – Sb. nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (Moskva, iyun 2010 g.). – М.: Mashinostroyeniye. – 2010. – S. 173–175.

5. Panayoti, V.A. Povysheniye effektivnosti shlifovaniya pri ispolzovanii tverdykh smazok / V.A. Panayoti. Nauchnyye trudy 11 Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Fundamentalnyye issledovaniya i innovatsionnyye tekhnologii v mashinostroyenii». – M.: IMASH RAN. – 2012. – S. 337–338.

6. Panayoti, V.A. Vliyaniye tverdykh smazok na fazovyy sostav shlifovannoy poverkhnosti bystrorezhushchikh staley / V.A. Panayoti. Nauchnyye trudy IV Mezhdunarodnaya konferentsiya «Fundamentalnyye issledovaniya i innovatsionnyye tekhnologii v mashinostroyenii». IMASH RAN. – M.: Izdatelskiy dom «Spektr». – 2015. – S. 189–190.

7. Kornayev, A.V. Rol nanotekhnologiy v razvitii gidrodinamicheskoy teorii smazki / A.V. Kornayev, L.A. Savin, YU.S. Stepanov // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2013. – № 6 (302). – S. 69–74.

8. Savin, L.A. Perspektivy razrabotki energoeffektivnoy gibridnoy gidrodinamicheskoy smazki na osnove nanomaterialov / L.A. Savin, YU.S. Stepanov, A.V. Kornayev // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2014. – № 6 (308). – S. 60–69.

Panayoti Vladimir Aleksandrovich

Moscow Technological University, Moscow

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

E-mail: lek00@mail.ru

УДК 621.923

В.И. ЛАВРИНЕНКО, В.А. СКРЯБИН, О.О. ПАСИЧНЫЙ, В.Ю. СОЛОД, А.А. СЫТНИК

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ НА ИХ ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ АЛМАЗНЫМИ КРУГАМИ

Рассмотрены вопросы влияния свойств инструментальных твердых сплавов на их обрабатываемость применительно к процессам алмазной обработки шлифовальным инструментом. Приведены сведения по конкретным величинам свойств наиболее характерных марок твердых сплавов. Показано, что основными свойствами, определяющими обрабатываемость спеченных твердых сплавов, являются – плотность, твердость, предел прочности при изгибе, коэрцитивная сила, а также такие характеристики как степень пористости и размер зерна карбидной фазы.

Ключевые слова: твердые сплавы, алмазная обработка, шлифовальные круги, обрабатываемость, свойство, твердость, предел прочности при изгибе, коэрцитивная сила.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лавріненко, В.І. Надтверді абразивні матеріали в механообробці: Енциклопедичний довідник / В.І. Лавріненко, М.В. Новіков / Під заг. ред. акад. М.В. Новікова. – Київ: ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, 2013. – 456 с.
2. Лошак, М.Г. Критерии долговечности твердосплавных элементов аппаратов высокого давления для синтеза сверхтвердых материалов / М.Г. Лошак // Сверхтвердые материалы. – 2002. – № 4. – С. 61–70.
3. Виноградов, В.Н. Абразивное изнашивание / В.Н. Виноградов, Г.М. Сорокин, М.Г. Колокольников. – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.
4. Літошенко, Н.В. Закономірності впливу залишкових термічних мікронапружень та дисперсії розмірів карбідних зерен на деформаційні характеристики твердих сплавів WC–Co: Автореф. ... канд. техн. наук. – К.: ИСМ НАН України, 2002. – 23 с.
5. Рентгенографическое исследование термообработанных твердых сплавов WC – Co / Л.И. Александрова, М.Г. Лошак, Т.Б. Горбачева, А.В. Вараксина // Порошковая металлургия. – 1986. – № 5. – С. 93–98.
6. Работягин, Ю.Д. Современные инструментальные материалы и режущий инструмент для эффективной обработки / Ю.Д. Работягин // ИТО: инструмент, технология, оборудование. – 2000. – № 2. – С. 86–88.
7. Табаков, В.П. Разработка многослойных покрытий для условий прерывистого резания / В.П. Табаков, М.Ю. Смирнов, А.В. Циркин // Резание и инструмент в технологических системах. – 2005. – Вып. 69. – С. 301–310.
8. Крюков, В.К. Роль контактной среды в повышении работоспособности прецизионного инструмента / В.К. Крюков, Н.В. Крюков // Резание и инструмент. – 1998. – Вып. 47. – С. 130–131.
9. Попке, Г. Резервы рационализации при нанесении покрытий на инструмент / Г. Попке, Л. Дюбнер, Т. Эммер // Резание и инструмент в технологических системах. – 1996. – Вып. 50. – С. 142–149.
10. ГОСТ 3882–74 «Сплавы твердые спеченные. Марки».
11. Лисовский, А.Ф. Формирование градиентной структуры в спеченных твердых сплавах (Обзор) / А.Ф. Лисовский // Сверхтвердые материалы. – 2010. – № 4. – С. 36–53.
12. Моделювання термомеханічного стану елементів апарата високого тиску для синтезу алмазів з розвинутою поверхнею / М.В. Новіков, О.І. Боримський, О.О. Лешук та ін. // Сверхтвердые материалы. – 2004. – № 4. – С. 3–15.
13. Исследования и опыт внедрения скоростного резания металлов минералокерамическими инструментами. – Горький, 1957. – 87 с.
14. Теплопроводность и износ твердосплавных режущих элементов после термической обработки / М.Е. Дудкин, М.Г. Лошак, Т.Д. Оситинская, В.В. Миклушис // Сверхтвердые материалы. – 1981. – № 2. – С. 35–38.

15. Лавриненко, В.И. Электрошлифование инструментальных материалов. – К.: Наукова думка, 1993. – 152 с.
16. Муха, И.М. Твердые сплавы в мелкосерийном производстве /И.М. Муха. – К.: Наукова думка, 1981 – 168 с.
17. Напаиваемые твердосплавные пластины для режущего инструмента: Руководящие материалы. – Светловодск: Светкермет, 2002. – 20 с.
18. Приведенные справочные материалы по применению продукции АО «Московский комбинат твердых сплавов», представлены официальным представителем комбината на Беларуси предприятием «Реал» // Мир инструмента (Беларусь). – 1995. – № 2. – С. 16–17.
19. Инструменты из сверхтвердых материалов / Под ред. Н.В. Новикова. – Киев: ИСМ НАНУ, 2001. – 528 с.
20. Точение износостойких покрытий / С.А. Клименко, Ю.А. Муковоз, Л.Г. Полонский, П.П. Мельничук. – К.: Техніка, 1997. – 142 с.
21. Лошак, М.Г. Прочность и долговечность твердых сплавов / М.Г. Лошак. – К.: Наукова думка, 1984. – 328 с.
22. Применение плазменных порошков вольфрама в производстве мелкозернистых твердых сплавов / В.А. Чистякова, М.С. Янговская, А.В. Федоров, В.В. Цветков / Качество и эффективность применения твердых сплавов: Сб. науч. тр. – М.: Металлургия, 1984. – С. 22–25.
23. Твердые сплавы с ультрамелкозернистой структурой для мелкогабаритного инструмента / Т.А. Емельянова, Е.И. Геллер, А.И. Аникеев, В.И. Жилис // Свойства и применение спеченных твердых сплавов: Сб. науч. тр. – М.: ВНИИТС, 1991. – С. 116–122.
24. Иванов, С.А. Моделирование процесса интенсивного электроспекания композиционных алмазосодержащих материалов на связке из твердых сплавов WC – Co группы / С.А. Иванов, В.А. Дутка, А.Л. Майстренко // Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия и сварка: Матер. докл. 6-й Межд. конф., Минск, 6–7 апреля 2004. – Минск: БГ НПК ПМ НАНБ, 2004. – С. 255–256.
25. Бакуль, В.Н. Оптимальные марки алмазов для кругов на органической связке / В.Н. Бакуль, В.М. Сердюк // Синтетические алмазы. – 1970. – Вып. 4. – С. 4–9.
26. Физико–механические и усталостные свойства твердых сплавов на основе карбида титана / Н.Н. Середа, М.С. Ковальченко, В.А. Цыбань, Л.Н. Белобородов // Порошковая металлургия. – 1985. – № 3. – С. 74–78.
27. Мойнова, Н.В. Износ безвольфрамовых твердых сплавов при различных условиях истирания / Н.В. Мойнова, В.Ф. Очкасов // Современные инструментальные материалы на основе тугоплавких соединений: Сб. научн. трудов. – М.: Металлургия, 1985. – С. 55–59.
28. Кабалдин, Ю.Г. Анализ разрушения тонких покрытий на твердом сплаве при прерывистом резании / Ю.Г. Кабалдин, С.А. Изотов // Сверхтвердые материалы. – 1987. – № 1. – С. 31–36.
29. Захаренко, И.П. Основы алмазной обработки твердосплавного инструмента / И.П. Захаренко. – К.: Наукова думка, 1981. – 300 с.
30. Физико–математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т. 3. «Резание материалов лезвийными инструментами». – Одесса: ОНПУ, 2003. – 546 с.
31. Сверхтвердые материалы. Получение и применение. Монография в 6 томах / Том 6: Алмазно–абразивный инструмент в технологиях механообработки / Под ред. А.О. Шепелева. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля, ИПЦ «АЛКОН» НАНУ, 2007. – 340 с.

Лавриненко Валерий Иванович
Институт сверхтвердых
материалов им. В.Н. Бакуля НАН
Украины, г. Киев
Доктор технических наук,
профессор, зав. отделом алмазно–
абразивной и физико–технической
обработки
E-mail: lavrinenko@ism.kiev.ua

Скрябин Валерий Алексеевич
Институт сверхтвердых
материалов им. В.Н. Бакуля НАН
Украины, г. Киев
Зам. зав. отделом алмазно–
абразивной и физико–технической
обработки
E-mail: lavrinenko@ism.kiev.ua

Пасичный Олег Олегович
Институт сверхтвердых
материалов им. В.Н. Бакуля НАН
Украины, г. Киев
Кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Старший научный сотрудник
отдела алмазно–абразивной и
физико–технической обработки
E-mail: ceramic@ism.kiev.ua

Солод Владимир Юрьевич
Днепродзержинский
государственный технический
университет, г. Днепродзержинск
Кандидат технических наук,
доцент, декан механического
факультета
E-mail: v_solod@ukr.net

Сытник Алексей Алексеевич
Научно–производственная фирма
«Карма», г. Светловодск
кандидат технических наук,
директор
E-mail: Alekssytnik@meta.ua

V.I. LAVRINENKO, V.A. SKRYABIN, O.O. PASICHNYY, V.YU. SOLOD, A.A. SYTNIK

INFLUENCE OF PROPERTIES OF HARD ALLOYS ON THEIR WORKABILITY DIAMOND CIRCLES

Researched the impact of instrumental properties of hard alloys for their machinability in the process of machining processing by diamond grinding tool. Information about the specific values of the properties of the most typical brands of hard alloys are given. Shown what the main properties that determine the machinability of sintered hard alloys, are density, hardness, tensile strength in bending, the coercive force, and characteristics such as porosity and grain size of the carbide phase.

Keywords: *hard alloys, diamond machining, grinding wheels, machinability, property, hardness, tensile strength in bending, the coercive force.*

BIBLIOGRAPHY

1. Lavrinenko, V.Í. Nadtverdí abrazivní materiáli v mekhanooobrobsí: Yentsiklopedichniy dovidnik / V.Í. Lavrinenko, M.V. Novíkov / Pid zag. red. akad. M.V. Novíkov. – Kíiv: ÍNM ím. V.M. Bakulya NAN Ukraíni, 2013– 456 s.
2. Loshak, M.G. Kriterii dolgovechnosti tverdosplavnnykh elementov apparatov vysokogo davleniya dlya sinteza sverkhтверdykh materialov / M.G. Loshak // Sverkhтверdyye materialy. – 2002. – № 4. – S. 61–70.
3. Vinogradov, V.N. Abrazivnoye iznashivaniye / V.N. Vinogradov, G.M. Sorokin, M.G. Kolokolnikov. – M.: Mashinostroyeniye, 1990. – 224 s.
4. Litoshenko, N.V. Zakonomírnosti vplivu zalishkovikh termíchnikh míkronapruzhen ta dispersíí roznírív karbídnikh zeren na deformatsíyni kharakteristiki tverdikh splavív WC–Co: Avtoref. ... kand. tekhn. nauk. – K.: ISM NAN Ukraíni, 2002. – 23 s.
5. Rentgenograficheskoye issledovaniye termoobrabotannykh tverdyykh splavov WC – Co / L.I. Aleksandrova, M.G. Loshak, T.B. Gorbacheva, A.V. Varaksina // Poroshkovaya metallurgiya. – 1986. – № 5. – S. 93–98.
6. Rabotyagin, YU.D. Sovremennyye instrumentalnyye materialy i rezhushchiy instrument dlya effektivnoy obrabotki / YU.D. Rabotyagin // ITO: instrument, tekhnologiya, oborudovaniye. – 2000. – № 2. – S. 86–88.
7. Tabakov, V.P. Razrabotka mnogoslonykh pokrytiy dlya usloviy preryvistogo rezaniya / V.P. Tabakov, M.YU. Smirnov, A.V. Tsirkin // Rezaniye i instrument v tekhnologicheskikh sistemakh. – 2005. – Vyp. 69. – S. 301–310.
8. Kryukov, V.K. Rol kontaktnoy sredy v povyshenii rabotosposobnosti pretsizionnogo instrumenta / V.K. Kryukov, N.V. Kryuksev // Rezaniye i instrument. – 1998. – Vyp. 47. – S. 130–131.
9. Popke, G. Rezervy ratsionalizatsii pri nanesenii pokrytiy na instrument / G. Popke, L. Dyubner, T. Emmer // Rezaniye i instrument v tekhnologicheskikh sistemakh. – 1996. – Vyp. 50. – S. 142–149.
10. GOST 3882–74 «Splavy tverdyye spechennyye. Marki».
11. Lisovskiy, A.F. Formirovaniye gradiyentnoy struktury v spechennykh tverdyykh splavakh (Obzor) / A.F. Lisovskiy // Sverkhтверdyye materialy. – 2010. – № 4. – S. 36–53.
12. Modelyuvannya termomekhaníchnogo stanu velementív aparata visokogo tisku dlya sintezu almazív z rozvinitoyu poverkhneyu / M.V. Novíkov, O.Í. Borimskiy, O.O. Leshchuk ta ín. // Sverkhтверdyye materialy. – 2004. – № 4. – S. 3–15.
13. Issledovaniya i opyt vnedreniya skorostnogo rezaniya metallov mineralokeramicheskimi instrumentami. – Gorkiy, 1957. – 87 s.
14. Teploprovodnost i iznos tverdosplavnnykh rezhushchikh elementov posle termicheskoy obrabotki / M.Ye. Dudkin, M.G. Loshak, T.D. Ositinskaya, V.V. Miklushis // Sverkhтверdyye materialy. – 1981. – № 2. – S. 35–38.
15. Lavrinenko, V.I. Elektroschlifovaniye instrumentalnykh materialov. – K.: Naukova dumka, 1993. – 152 s.
16. Mukha, I.M. Tverdyye splavy v melkoseriynom proizvodstve / I.M. Mukha. – K.: Naukova dumka, 1981 – 168 s.
17. Napaivayemye tverdosplavnnyye plastiny dlya rezhushchego instrumenta: Rukovodyashchiye materialy. – Svetlovodsk: Svetkermet, 2002. – 20 s.
18. Privedennyye spravochnyye materialy po primeneniyu produktsii AO «Moskovskiy kombinat tverdyykh splavov», predstavleny ofitsialnym predstavitelem kombinata na Belarusi predpriyatiyem «Real» // Mir instrumenta (Belarus). – 1995. – № 2. – S. 16–17.
19. Instrumenty iz sverkhтверdykh materialov / Pod red. N.V. Novikova. – Kiyev: ISM NANU, 2001. – 528 s.
20. Tocheniye iznosostoykikh pokrytiy / S.A. Klimenko, YU.A. Mukovoz, L.G. Polonskiy, P.P. Melnichuk. – K.: Tekhnika, 1997. – 142 s.
21. Loshak, M.G. Prochnost i dolgovechnost tverdyykh splavov / M.G. Loshak. – K.: Naukova dumka, 1984. – 328 s.
22. Primeneniye plazmennyykh poroshkov volframa v proizvodstve melkozernistykh tverdyykh splavov / V.A. Chistyakova, M.S. Yantovskaya, A.V. Fedorov, V.V. Tsvetkov / Kachestvo i effektivnost primeneniya tverdyykh splavov: Sb. nauch. tr. – M.: Metallurgiya, 1984. – S. 22–25.
23. Tverdyye splavy s ultramelkozernistoy strukturoy dlya melkorazmernogo instrumenta / T.A. Yemelyanova, Ye.I. Geller, A.I. Anikeyev, V.I. Zhilis // Svoystva i primeneniye spechennykh tverdyykh splavov: Sb. nauch. tr. – M.: VNIITS, 1991. – S. 116–122.
24. Ivanov, S.A. Modelirovaniye protsessa intensivnogo elektrospekaniya kompozitsionnykh almazosoderzhashchikh materialov na svyazke iz tverdyykh splavov WC – Co gruppy / S.A. Ivanov, V.A. Dutka, A.L. Maystrenko // Novyye materialy i tekhnologii: poroshkovaya metallurgiya, kompozitsionnyye materialy, zashchitnyye pokrytiya i svarka: Mater. dokl. 6–y Mezhd. konf., Minsk, 6–7 aprelya 2004. – Minsk: BG NPK PM NANB, 2004. – S. 255–256.
25. Bakul, V.N. Optimalnyye marki almazov dlya krugov na organicheskoy svyazke / V.N. Bakul, V.M. Serdyuk // Sinteticheskkiye almazy. – 1970. – Vyp. 4. – S. 4–9.
26. Fiziko–mekhanicheskkiye i ustalostnyye svoystva tverdyykh splavov na osnove karbida titana / N.N. Cereda, M.S. Kovalchenko, V.A. Tsyban, L.N. Beloborodov // Poroshkovaya metallurgiya. – 1985. – № 3. – S. 74–78.

27. Moynova, N.V. Iznos bezvolframovykh tverdykh splavov pri razlichnykh usloviyakh istiraniya / N.V. Moynova, V.F. Ochkasov // Sovremennyye instrumentalnyye materialy na osnove tugoplavkikh soyedineniy: Sb. nauchn. trudov. – M.: Metallurgiya, 1985. – S. 55–59.

28. Kabaldin, YU.G. Analiz razrusheniya tonkikh pokrytiy na tverdom splave pri preryvistom rezanii / YU.G. Kabaldin, S.A. Izotov // Sverkhverdyye materialy. – 1987. – № 1. – S. 31–36.

29. Zakharenko, I.P. Osnovyalmaznoy obrabotki tverdosplavnogo instrumenta / I.P. Zakharenko. – K.: Naukova dumka, 1981. – 300 s.

30. Fiziko–matematicheskaya teoriya protsessov obrabotki materialov i tekhnologii mashinostroyeniya / Pod obshchey redaktsiyey F.V. Novikova i A.V. Yakimova. V desyati tomakh. – T. 3. «Rezaniye materialov lezviynymi instrumentami». – Odessa: ONPU, 2003. – 546 s.

31. Sverkhverdyye materialy. Polucheniye i primeneniye. Monografiya v 6 tomakh / Tom 6: Almazno–abrazivnyy instrument v tekhnologiyakh mekhanoo-brabotki / Pod red. A.O. Shepeleva. – K.: ISM im. V.N. Bakulya, IPTS «ALKON» NANU, 2007. – 340 s.

Lavrinenko Valerii Ivanovich
V. Bakul Institute for Superhard
Materials, Kiev
Doctor of technical Sciences,
Professor, head of Department of the
diamond abrasive and physico–
technical processing
E–mail: lavrinenko@ism.kiev.ua

Skryabin Valerii Alekseevich
V. Bakul Institute for Superhard
Materials, Kiev
Assistant head of Department of the
diamond abrasive and physico–
technical processing
E–mail: lavrinenko@ism.kiev.ua

Pasichniy Oleg Olegovich
V. Bakul Institute for Superhard
Materials, Kiev
Ph.D., senior researcher of
Department of the diamond abrasive
and physico–technical processing
E–mail: ceramic@ism.kiev.ua

Solod Volodymir Yurievich
Dneprodzerzhinsk State Technical
University
Ph.D., Professor, Dean of mechanical
faculty
E–mail: v_solod@ukr.net

Sytnyk Alexiy Alekseevich
Scientific–production company
«Karma», Svetlovodsk
Ph.D., Director
E–mail: Alekssytnik@meta.ua

УДК: 621.9.047

В.П. СМОЛЕНЦЕВ, В.В. ЗОЛОТАРЕВ, Г.А. СУХОЧЕВ

ФОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКОЙ

Рассмотрен механизм формирования поверхностного слоя деталей комбинированным воздействием давления металлическими шариками с одновременным избирательным анодным удалением выступов и впадин микронеровностей. Показано, что новые комбинированные технологические процессы позволяют существенно улучшить эксплуатационные показатели силовых элементов конструкций летательных аппаратов, и востребованы разработчиками новых поколений техники.

Ключевые слова: *поверхностный слой, эксплуатационные характеристики, наложение электрического поля, летательные аппараты.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазуткин, А.Г. Механика нагружения поверхности волной деформации / А.Г. Лазуткин, А.В. Киричек, Ю.С. Степанов, Д.Л. Соловьев. – М.: Изд–во «Машиностроение–1», 2005. – 149 с.

2. Пат. 2294824 Российская Федерация, МПК В24В 39/00. Наклепывающий инструмент с деформирующей пружиной / Степанов Ю.С., Киричек А.В., Самойлов Н.Н. [и др.]; заявитель и патентообладатель Орловский государственный технический университет (ОрелГТУ) (RU). – № 2005131656/02; заявл. 12.10.2005; опубл. 10.03.2007, Бюл. № 7. – 4 с.

3. Сухочев, Г.А. Управление качеством изделий, работающих в экстремальных условиях при нестационарных воздействиях / Г.А. Сухочев. – Воронеж: Издательство ВГУ, 2003. – 287 с.

4. Пат. 2333823 Российская Федерация, МПК В23Н Криогенно–эрозийный способ упрочнения поверхностного слоя / Смоленцев В.П., Сухочев А.Ю., Гренькова А.М.; заявитель и патентообладатель Воронежский государственный технический университет – № 20066141994; заявлен 27.11.2006; опубл. 20.09.2008, Бюл. №26. – 4 с.

5. Пат. 2269406 Российская Федерация, МПК В24В Способ вибрационной обработки / Смоленцев В.П., Некрасов А.Н., Бондарь А.В., Князев А.Н.; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное унитарное предприятие «Воронежский механический завод» (RU). – № 2004113683; заявлен 05.05.2004; опубл. 10.02.2006, Бюл. №4. – 4 с.

Смоленцев Владислав Павлович
ВГТУ

Золотарев Владимир Викторович
Воронеж

Сухочев Геннадий Алексеевич
ВГТУ

Доктор технических наук,
профессор, профессор кафедры ТМ
ВГТУ
394026 Воронеж, Московский пр.
14, ВГТУ
Тел.: 89036559970
E-mail: vsmolen@inbox.ru

зам. главного инженера ВМЗ
Тел.: 89036559970
E-mail: vsmolen@inbox.ru

Доктор технических наук,
профессор, профессор кафедры ТМ
ВГТУ
Адрес: 394026 Воронеж,
Московский пр.14, ВГТУ
Тел.: 89081417180
E-mail: suhotchev@mail.ru

V.P. SMOLENTSEV, V.V. ZOLOTAREV, G.A. SUKHOCHEV

FORMATION OF SURFACE LAYER RESULTS BY COMBINED TREATMENT

Mechanism of surface layer formation of details by combined effect of pressure of metallic balls with simultaneous selective anodic removal of microroughnesses is viewed. Was demonstrated that new combined technological processes allow improving operating characteristics of primary structure elements of aircrafts and they are necessary for developers of new generates of equipment.

Keywords: surface layer, operating characteristics, application of electric field, aircrafts.

BIBLIOGRAPHY

1. Lazutkin, A.G. Mekhanika nagruzheniya poverkhnosti volnoy deformatsii / A.G. Lazutkin, A.V. Kirichek, YU.S. Stepanov, D.L. Solovyev. – M.: Izd-vo «Mashinostroyeniye-1», 2005. – 149 s.
2. Pat. 2294824 Rossiyskaya Federatsiya, MPK V24V 39/00. Naklepyvayushchiy instrument s deformiruyushchey pruzhinoy / Stepanov YU.S., Kirichek A.V., Samoylov N.N. [i dr.]; zayavitel i patentoobladatel Orlovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet (OrelGTU) (RU). – № 2005131656/02; zayavl. 12.10.2005; opubl. 10.03.2007, Byul. № 7. – 4 s.
3. Sukhochev, G.A. Upravleniye kachestvom izdeliy, rabotayushchikh v ekstremalnykh usloviyakh pri nestatsionarnykh vozdeystviyakh / G.A. Sukhochev. – Voronezh: Izdatelstvo VGU, 2003. – 287 s.
4. Pat. 2333823 Rossiyskaya Federatsiya, MPK B23H Kriogenno-erozionnyy sposob uprochneniya poverkhnostnogo sloya / Smolentsev V.P., Sukhochev A.YU., Grenkova A.M.; zayavitel i patentoobladatel Voronezhskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet – № 20066141994; zayavlen 27.11.2006; opubl. 20.09.2008, Byul. №26. – 4 s.
5. Pat. 2269406 Rossiyskaya Federatsiya, MPK B24B Sposob vibratsionnoy obrabotki / Smolentsev V.P., Nekrasov A.N., Bondar A.V., Knyazev A.N.; zayavitel i patentoobladatel: Federalnoye gosudarstvennoye unitarnoye predpriyatiye «Voronezhskiy mekhanicheskiy zavod» (RU). – № 2004113683; zayavlen 05.05.2004; opubl. 10.02.2006, Byul. №4. – 4 s.

Smolentsev Vladislav Pavlovich
VSTU
Doctor of Technical Sciences,
Professor, Department of TM VSTU
394026 Voronezh, Moscow Avenue.
14, VSTU
Ph.: 89036559970
E-mail: vsmolen@inbox.ru

Zolotarev Vladimir Viktorovich
Voronezh
Deputy. Chief Engineer VMZ
Ph.: 89036559970
E-mail: vsmolen@inbox.ru

Suhochev Gennadiy Alekseevich
VSTU
Doctor of Technical Sciences,
Professor, Department of TM VSTU
Address: 394026 Voronezh, Moscow
pr.14, VSTU
Ph.: 89081417180
E-mail: suhotchev@mail.ru

УДК 621. 91; 621.9.07; 621.715.4

А.С. ЯМНИКОВ, О.А. ЯМНИКОВА, А.В. КИСЕЛЕВ

ПОГРЕШНОСТЬ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПРИ КОНСОЛЬНОМ ЗАКРЕПЛЕНИИ ТОНКОСТЕННОЙ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ, ИМЕЮЩЕЙ ИСХОДНУЮ ОВАЛЬНОСТЬ

Рассмотрено влияние количества зажимных элементов и расположения направления приложения сил закрепления центрирующих элементов приспособления относительно оси большого эллипса поперечного сечения заготовки на величину погрешности закрепления, обусловленной овальностью заготовки. Показано моделированием, что для круглых заготовок погрешность центрирования на стадии закрепления уменьшается с ростом числа зажимных элементов и не зависит от того, четное оно или нет.

Ключевые слова: овальность, заготовка, приспособление, погрешность закрепления, точность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ямников, А.С. Анализ способов установки нежестких заготовок с существенными отклонениями от цилиндричности / А.С. Ямников, В.Н. Киселев, Нгуен Хыу Луен // Известия ТулГУ. Технология машиностроения. – Тула: Изд-во ТулГУ. – 2004. – Вып. 2. – С. 18–22.
2. Степанов, Ю.С. Точность контрольных приспособлений / Ю.С. Степанов, Б.И. Афанасьев, В.Б. Ильицкий. – М.: Машиностроение-1, 2003. – 160 с.
3. Дальский, А.М. Технологическое обеспечение надежности высокоточных деталей машин / А.М. Дальский. – М.: Машиностроение, 1975. – 223 с.
4. Ящерицын, П.И. Технологическая наследственность и эксплуатационные свойства шлифовальных деталей П.И. Ящерицын. – Минск.: Наука и техника, 1971. – 210 с.
5. Ямников, А.С. Погрешность центрирования трубной заготовки с овальностью / А.С. Ямников, В.Н. Киселев, Нгуен Хыу Луен // Изв. ТулГУ. Машиноведение, системы приводов и детали машин. – ТулГУ, 2006. – С. 224–230.
6. Ямников, А.С. Геометрические параметры качества труб / А.С. Ямников, В.Н. Киселев, Нгуен Хыу Луен // Известия ТулГУ. Технология машиностроения. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. – С. 27–31.
7. Альбом контрольно-измерительных приспособлений: учебное пособие для вузов / Ю.С. Степанов, В.И. Афанасьев, А.Г. Схиртладзе, А.Е. Щукин, А.С. Ямников. – М.: Машиностроение, 1998. – 183 с.
8. Ямников, А.С. Взаимное влияние погрешностей формы и расположения сопрягаемых поверхностей на относительную площадь пятна контакта / А.С. Ямников, Н.А. Терехин, О.А. Ямникова // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2014. – № 10 (171). – С. 40–43.
9. Ямников А.С. Эмпирические зависимости величины сближения контактирующих деталей при импульсной нагрузке / А.С. Ямников, О.А. Ямникова, О.С. Кашман // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2015. – № 3. – С. 42–48.
10. Матвеев, И.А. Статистический анализ точности предварительной токарной обработки трубной заготовки / И.А. Матвеев, О.А. Ямникова, А.С. Ямников // Известия ТулГУ. Технические науки. – Тула: Изд-во ТулГУ. – 2015. – Вып. 11. – Ч. 1. – С. 111–120.
11. Быков, Г.Т. Динамическая модель виброустойчивости при точении тонкостенных труб многорезцовыми головками / Г.Т. Быков, О.А. Ямникова, Н.Б. Дорохин и А.С. Ямников А.С. // СТИН. – 2009. – № 12. – С. 17–21.
12. Ямникова, О.А. Определение условий виброустойчивого точения нежестких заготовок многорезцовыми головками / О.А. Ямникова, А.С. Ямников // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2012. – № 11. – С. 15–21.
13. Ямникова, О.А. Комплексная оценка технологичности деталей типа тел вращения / О.А. Ямникова, Д.И. Троицкий, Ю.В. Балашева // СТИН. – 2008. – № 6. – С. 23–25.
14. Vykov, G.T. Vibrational stability in turning thin-walled pipe by multicutter heads / G.T. Vykov, O.A. Yamnikova, N.B. Dorokhin, A.S. Yamnikov. // Russian Engineering Research. – 2010. – 30 (3). – pp. 296 – 299.
15. Yamnikova, O.A. Evaluating The Design of Parts In The Form of Solids of Revolution / O.A. Yamnikova, D.I. Troitskii, Yu.V. Balasheva // Russian Engineering Research. – 2008. – T. 28. – № 9. – pp. 910–912.
16. Planchard, D. Official Certified SolidWorks Professional (CSWP). Certification Guide with Video Instruction: SolidWorks 2012–2014 / David Planchard. – SDC Publications, 2014. – 192 p.
17. Смоленцев, Н.К. MATLAB. Программирование на C++, C#, Java и VBA / Н.К. Смоленцев. – М.: Изд-во ДМК Пресс, 2015. – 498 с.
18. Васильев, А.Н. Matlab. Самоучитель. Практический подход / А.Н. Васильев. – СПб.: Изд-во Наука и техника, 2012. – 448 с.

Ямников Александр Сергеевич
Тульский государственный
университет
300012 г. Тула, пр. Ленина, 92
Доктор технических наук,
профессор кафедры «Технология
машиностроения»
E-mail: yamnikovas@mail.ru

Ямникова Ольга Александровна
Тульский государственный
университет
300012 г. Тула, пр. Ленина, 92
Доктор технических наук,
профессор кафедры «Технология
машиностроения»
E-mail: yamnikovaoa@mail.ru

Киселев Андрей Владимирович
Тульский государственный
университет
300012 г. Тула, пр. Ленина, 92
Студент – магистрант гр.
640141/02Т кафедры «Технология
машиностроения»
E-mail: andrewkiselev1807@yandex.ru

A.S. YAMNIKOV, O.A. YAMNIKOVA, A.V. KISELYOV

FIXING ERROR AT CONSOLE FIXING OF THE THIN-WALLED PIPE PREPARATION HAVING INITIAL OVALITY

Influence of quantity of tightening elements and arrangement of the direction of application of forces of fixing of the aligning adaptation elements concerning an axis of a big ellipse of cross section of preparation at a size of the error of fixing caused by ovality of preparation is considered. It is shown by modeling that for round preparations the centering error decreases by stages of fixing with growth of number of tightening elements and it doesn't depend on that, even or not.

Keywords: ovality, preparation, adaptation, fixing error, accuracy.

BIBLIOGRAPHY

1. Yamnikov, A.S. Analiz sposobov ustanovki nezhestkikh zagotovok s sushchestvennymi otkloneniyami ot tsilindrichnosti / A.S. Yamnikov, V.N. Kiselev, Nguyen Khyu Luyen // Izvestiya TulGU. Tekhnologiya mashinostroyeniya. – Tula: Izd–vo TulGU. – 2004. – Vyp. 2. – S. 18–22.
2. Stepanov, YU.S. Tochnost kontrolnykh prispособleniy / YU.S. Stepanov, B.I. Afanasyev, V.B. Ilitskiy. – M.: Mashinostroyeniye–1, 2003. – 160 s.
3. Dalskiy, A.M. Tekhnologicheskoye obespecheniye nadezhnosti vysokotochnnykh detaley mashin / A.M. Dalskiy. – M.: Mashinostroyeniye, 1975. – 223 s.
4. Yashcheritsyn, P.I. Tekhnologicheskaya nasledstvennost i ekspluatatsionnyye svoystva shlifovalnykh detaley P.I. Yashchertsyn. – Minsk.: Nauka i tekhnika, 1971. – 210 s.
5. Yamnikov, A.S. Pogreshnost tsentrirovaniya trubnoy zagotovki s ovalnostyu / A.S. Yamnikov, V.N. Kiselev, Nguyen Khyu Luyen // Izv. TulGU. Mashinovedeniye, sistemy privodov i detali mashin. – TulGU, 2006. –S. 224–230.
6. Yamnikov, A.S. Geometricheskiye parametry kachestva trub / A.S. Yamnikov, V.N. Kiselev, Nguyen Khyu Luyen // Izvestiya TulGU. Tekhnologiya mashinostroyeniya. – Tula: Izd–vo TulGU, 2006. – S. 27–31.
7. Albom kontrolno–izmeritelnykh prispособleniy: uchebnoye posobiye dlya vuzov / YU.S. Stepanov, V.I. Afanasyev, A.G. Skhirtladze, A.Ye. Shchukin, A.S. Yamnikov. – M.: Mashinostroyeniye, 1998. – 183 s.
8. Yamnikov, A.S. Vzaimnoye vliyaniye pogreshnostey formy i raspolozheniya sopryagayemykh poverkhnostey na odnositelnuyu ploshchad pyatna kontakta / A.S. Yamnikov, N.A. Terekhin, O.A. Yamnikova // Sbornik v mashinostroyenii, priborostroyenii. – 2014. – № 10 (171). – S. 40–43.
9. Yamnikov A.S. Empiricheskiye zavisimosti velichiny sblizheniya kontaktiruyushchikh detaley pri impulsnoy nagruzke / A.S. Yamnikov, O.A. Yamnikova, O.S. Kashman // Sbornik v mashinostroyenii, priborostroyenii. – 2015. – № 3. – S. 42–48.
10. Matveyev, I.A. Statisticheskii analiz tochnosti predvaritelnoy tokarnoy obrabotki trubnoy zagotovki / I.A. Matveyev, O.A. Yamnikova, A.S. Yamnikov // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskkiye nauki. – Tula: Izd–vo TulGU. – 2015. – Vyp. 11. – CH. 1. – S. 111–120.
11. Bykov, G.T. Dinamicheskaya model vibroustoychivosti pri tochenii tonkostennykh trub mnogoreztsovymi golovkami / G.T. Bykov, O.A. Yamnikova, N.B. Dorokhin i A.S. Yamnikov A.S. // STIN. – 2009. № 12. – S. 17–21.
12. Yamnikova, O.A. Opredeleniye usloviy vibroustoychivogo tocheniya nezhestkikh zagotovok mnogoreztsovymi golovkami / O.A. Yamnikova, A.S. Yamnikov // Naukoyomkiye tekhnologii v mashinostroyenii. – 2012. – № 11. – S. 15–21.
13. Yamnikova, O.A. Kompleksnaya otsenka tekhnologichnosti detaley tipa tel vrashcheniya / O.A. Yamnikova, D.I. Troitskiy, YU.V. Balasheva // STIN. – 2008. – № 6. – S. 23–25.
14. Bykov, G.T. Vibrational stability in turning thin-walled pipe by multicutter heads / G.T. Bykov, O.A. Yamnikova, N.B. Dorokhin, A.S. Yamnikov. // Russian Engineering Research. – 2010. – 30 (3). – pp. 296 – 299.
15. Yamnikova, O.A. Evaluating The Design of Parts In The Form of Solids of Revolution / O.A. Yamnikova, D.I. Troitskii, Yu.V. Balasheva // Russian Engineering Research. – 2008. – T. 28. – № 9. – pp. 910–912.
16. Planchard, D. Official Certified SolidWorks Professional (CSWP). Certification Guide with Video Instruction: SolidWorks 2012–2014 / David Planchard. – SDC Publications, 2014. – 192 p.
17. Smolentsev, N.K. MATLAB. Programmirovaniye na S++, S#, Java i VBA /N.K. Smolentsev. – M.: Izd–vo DMK Press, 2015. – 498 s.
18. Vasilyev, A.N. Matlab. Samouchitel. Prakticheskii podkhod / A.N. Vasilyev. – SPb.: Izd–vo Nauka i tekhnika, 2012. – 448 s.

Yamnikov Alexander Sergeevich
Tula state university
Doctor of Engineering, professor of
Technology of Mechanical
Engineering department
300012, Tula, Lenin Ave., 92
E-mail: yamnikovas@mail.ru

Yamnikova Olga Aleksandrovna
Tula state university
Doctor of Engineering, professor of
Technology of Mechanical
Engineering department
300012, Tula, Lenin Ave., 92
E-mail: yamnikovaoa@mail.ru

Kiselyov Andrey Vladimirovich
Tula state university
Student undergraduate rp.
640141/02T of Technology of
Mechanical Engineering department
300012, Tula, Lenin Ave., 92
E-mail: andrewkiselev1807@yandex.ru

УДК 621.921

В.А. НОСЕНКО, А.В. АВИЛОВ, О.М. ЛАДЫГИНА, Е.А. ДУМА

МОРФОЛОГИЯ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОЩАДКИ ИЗНОСА КАРБИДА КРЕМНИЯ ПОСЛЕ МИКРОЦАРАПАНИЯ ВОЛЬФРАМА НА СКОРОСТИ 60 М/С

Исследована морфология площадки износа карбида кремния после микроцарапания вольфрамового сплава ВРН на скорости 60 м/с и химический состав в нанослоях поверхности методом микрорентгеноспектрального анализа на микроскопе Versa 3D. Наличие вольфрама определяли сканированием по линии и площади, глубину его проникновения исследовали по микросечению. Показано, что площадка износа покрыта налитым металлом, концентрирующимся в основном на участках с дефектами поверхности. Вольфрам проникает в микротрещины на глубину около 1 мкм и заполняет неровности, образовавшиеся в результате выкрашивания. На поверхности площадки износа карбида кремния средняя

концентрация вольфрама около 5–6 % атом., а на относительно чистых участках – не более 0,09 % атом.

Ключевые слова: карбид кремния, вольфрам, микроцарапание, площадка износа, морфология, химический состав, микрорентгеноспектральный анализ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дриц, М.Е. Свойства элементов. Справочник / М.Е. Дриц, П.Б. Будберг, Г.С. Бурханов; под ред. М.Е. Дрица М.Е. – М.: Металлургия, 1985. – 672 с.
2. Зеликман, А.Н. Вольфрам / А.Н. Зеликман, Л.С. Никитина. – М.: Металлургия, 1978. – 272 с.
3. Осинцев, О.Е. Металловедение тугоплавких металлов и сплавов на их основе / О.Е. Осинцев. – М.: Машиностроение, 2013. – 156 с.
4. Суворов, А.А. Обработка деталей из вольфрама и его сплавов / А.А. Суворов. – М.: Машиностроение, 1978. – 134 с.
5. Носенко, В.А. Шлифование адгезионно–активных металлов: монография / В.А. Носенко. – М.: Машиностроение, 2000. – 262 с.
6. Носенко, В.А. Технология шлифования: монография / В.А. Носенко, С.В. Носенко. – Волгоград: ВолгГТУ, 2011. – 424 с.
7. Ардашев, Д.В. Режимы резания на работы, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках с ручным управлением и полуавтоматах: справочник / Д.В. Ардашев, Д.Е. Анельчик, Г.И. Буторин и др. – Челябинск: АТОКСО, 2007. – 384 с.
8. Моделирование технологических процессов абразивной обработки: коллективная монография / Г.В. Барсуков, Л.Г. Вайнер, Ю.В. Василенко и др. // М.: Издательский дом "Спектр", 2011. – 259 с.
9. Самсонов, Г.В. Электронная локализация в твердом теле / Г.В. Самсонов, И.Ф. Прядко, Л.Ф. Прядко. – М.: Наука, 1976. – 339 с.
10. Носенко, В.А. Критерий интенсивности взаимодействия обрабатываемого и абразивного материалов при шлифовании / В.А. Носенко // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2001. – № 5. – С. 85–91.
11. Носенко, В.А. К вопросу об интенсивности контактного взаимодействия D–переходных металлов с карбидом кремния при шлифовании / В.А. Носенко // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2002. – № 5. – С. 78–84.
12. Горбунов Б.И. Исследование количественных характеристик шаржирования поверхности абразивом при бесцентровом шлифовании стальных деталей / Б.И. Горбунов, В.Я. Моисеев, Ю.С. Степанов // Известия вузов. Машиностроение. – 1984. – № 5. – С. 122 – 126.
13. Носенко, В.А. Влияние контактного взаимодействия на износ абразивного инструмента при шлифовании / В.А. Носенко // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2005. – № 1. – С. 73–77.
14. Новоселов, Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке / Ю.К. Новоселов. – Севастополь: СевНТУ, 2012. – 304 с.
15. Кремень, З.И. Шлифование суперабразивами высокопластичных сплавов / З.И. Кремень, В.Г. Юрьев. – С.–Петербург: С.–Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2013. – 167 с.
16. Худобин, Л.В. Минимизация засаливания шлифовальных кругов: монография / Л.В. Худобин, А.Н. Унянин. – Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет (Ульяновск), 2007. – 299 с.
17. Носенко, В.А. Морфология поверхности корунда после микроцарапания титанового сплава / В.А. Носенко, С.В. Носенко, А.В. Авилов, В.И. Бахмат // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. – 2014. – № 3. – С. 66–71.
18. Носенко, В.А. Исследование поверхности карбида кремния после взаимодействия с кобальтом при микроцарапании / В.А. Носенко, А.В. Авилов, К.В. Афанасьева, В.И. Бахмат // Новый университет. Серия: Технические науки. – 2014. – № 9 (31). – С. 68–71.
19. Носенко, В.А. Рентгеноспектральный микроанализ поверхности карбида кремния после микроцарапания титана / В.А. Носенко, С.В. Носенко, А.В. Авилов, В.И. Бахмат // Вестник Южно–Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2015. – Т. 15. – № 1. – С. 69–79.
20. Носенко, В.А., Носенко С.В., Авилов А.В., Бахмат В.И. Структура и химический состав поверхности карбида кремния после микроцарапания титана / В.А. Носенко, С.В. Носенко, А.В. Авилов, В.И. Бахмат // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. – 2014. – № 4. – С. 14–20.

Носенко Владимир Андреевич

Волжский политехнический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный
технический университет», г. Волжский
Доктор технических наук, профессор, зам. директора
по учебной работе, зав. кафедрой «Технология и
оборудование машиностроительных производств»
404121, Волгоградская обл., г. Волжский, ул.
Пушкина, д. 62
Тел. 8 (8443) 38–68–34
E–mail: nosenko@volpi.ru

Авилов Александр Викторович

Волжский политехнический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный
технический университет», г. Волжский
Кандидат технических наук, доцент, зам. зав.
кафедрой «Технология и оборудование
машиностроительных производств».
404121, Волгоградская обл., г. Волжский, ул.
Пушкина, д. 62
Тел. 8 (8443) 39–79–17
E–mail: avilov@volpi.ru

Ладыгина Ольга Михайловна
Волжский политехнический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный
технический университет», г. Волжский
Зав. лабораторией кафедры «Технология и
оборудование машиностроительных производств»
404121, Волгоградская обл., г. Волжский, ул.
Пушкина, д. 62
Тел. 8 (8443) 39–79–17
E-mail: omlad@mail.ru

Дума Елена Александровна
Волжский политехнический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный
технический университет», г. Волжский
Лаборант кафедры «Технология и оборудование
машиностроительных производств»
404121, Волгоградская обл., г. Волжский, ул.
Пушкина, д. 62
Тел. 8 (8443) 39–79–17
E-mail: dumaelena@inbox.ru

V. A. NOSENKO, A. V. AVILOV, O. M. LADYGINA, E. A. DUMA

THE MORPHOLOGY AND CHEMICAL COMPOSITION OF THE WEARS AREA OF THE SILICON CARBIDE AFTER MICROCUTTING OF TUNGSTEN WITH THE SPEED 60 M/S

The wear area silicon carbide morphology after microcutting VRN tungsten alloy with the speed of 60 m/s and the chemical composition of the surface nanolayers by micro X-ray spectral analysis microscope Versa 3D was studied. The presence of tungsten was determined by scanning lines and areas, its depth of penetration was investigated by mikrosechenie. It has been shown that the wear area is covered with the adhered metal, mostly concentrating on sites with a surface defect. Tungsten enters the microcracks at a depth about 1 mkm and fills irregularities which were formed by chipping. On the surface of the silicon carbide wear area tungsten average concentration of 5–6 % atom., and the relatively clean sites – not more than 0.09 % atom.

Keywords: silicon carbide, tungsten, microcutting, wear area, morphology, chemical composition, micro X-ray spectral analysis.

BIBLIOGRAPHY

1. Drits, M.Ye. Svoystva elementov. Spravochnik / M.Ye. Drits, P.B. Budberg, G.S. Burkhanov; pod red. M.Ye. Dritsa M.Ye. – M.: Metallurgiya, 1985. – 672 s.
2. Zelikman, A.N. Volfram / A.N. Zelikman, L.S. Nikitina. – M.: Metallurgiya, 1978. – 272 s.
3. Osintsev, O.Ye. Metallovedeniye tugoplavkikh metallov i splavov na ikh osnove / O.Ye. Osintsev. – M.: Mashinostroyeniye, 2013. – 156 s.
4. Suvorov, A.A. Obrabotka detaley iz volframa i yego splavov / A.A. Suvorov. – M.: Mashinostroyeniye, 1978. – 134 s.
5. Nosenko, V.A. Shlifovaniye adgezionno–aktivnykh metallov: monografiya / V.A. Nosenko. – M.: Mashinostroyeniye, 2000. – 262 s.
6. Nosenko, V.A. Tekhnologiya shlifovaniya: monografiya / V.A. Nosenko, S.V. Nosenko. – Volgograd: VolgGTU, 2011. – 424 s.
7. Ardashev, D.V. Rezhimy rezaniya na raboty, vpolnyayemyye na shlifovalnykh i dovodochnykh stankakh s ruchnym upravleniyem i poluavtomatakh: spravochnik / D.V. Ardashev, D.Ye. Anelchik, G.I. Butorin i dr. – Chelyabinsk: ATOKSO, 2007. – 384 s.
8. Modelirovaniye tekhnologicheskikh protsessov abrazivnoy obrabotki: kollektivnaya monografiya / G.V. Barsukov, L.G. Vayner, YU.V. Vasilenko i dr. // M.: Izdatelskiy dom «Spektr», 2011. – 259 s.
9. Samsonov, G.V. Elektronnaya lokalizatsiya v tverdom tele / G.V. Samsonov, I.F. Pryadko, L.F. Pryadko. – M.: Nauka, 1976. – 339 s.
10. Nosenko, V.A. Kriteriy intensivnosti vzaimodeystviya obrabatyvayemogo i abrazivnogo materialov pri shlifovanii / V.A. Nosenko // Problemy mashinostroyeniya i nadezhnosti mashin. – 2001. – № 5. – S. 85–91.
11. Nosenko, V.A. K voprosu ob intensivnosti kontaktnogo vzaimodeystviya D–perekhodnykh metallov s karbidom kremniya pri shlifovanii / V.A. Nosenko // Problemy mashinostroyeniya i nadezhnosti mashin. – 2002. – № 5. – S. 78–84.
12. Gorbunov B.I. Issledovaniye kolichestvennykh kharakteristik sharzhirovaniya poverkhnosti abrazivom pri bestsentrovom shlifovanii stalnykh detaley / B.I. Gorbunov, V.YA. Moiseyev, YU.S. Stepanov // Izvestiya vuzov. Mashinostroyeniye. – 1984. – № 5. – S. 122 – 126.
13. Nosenko, V.A. Vliyaniye kontaktnogo vzaimodeystviya na iznos abrazivnogo instrumenta pri shlifovanii / V.A. Nosenko // Problemy mashinostroyeniya i nadezhnosti mashin. – 2005. – № 1. – S. 73–77.
14. Novoselov, YU.K. Dinamika formoobrazovaniya poverkhnostey pri abrazivnoy obrabotke / YU.K. Novoselov. – Sevastopol: SevNTU, 2012. – 304 s.
15. Kremen, Z.I. Shlifovaniye superabrazivami vysokoplastichnykh splavov / Z.I. Kremen, V.G. Yuryev. – S.–Peterburg: S.–Peterburgskiy politekhnicheskii universitet Petra Velikogo, 2013. – 167 s.

16. Khudobin, L.V. Minimizatsiya zasalivaniya shlifovalnykh krugov: monografiya / L.V. Khudobin, A.N. Unyanin. – Ulyanovsk: Ulyanovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet (Ulyanovsk), 2007. – 299 s.
17. Nosenko, V.A. Morfologiya poverkhnosti korunda posle mikrotsarapaniya titanovogo splava / V.A. Nosenko, S.V. Nosenko, A.V. Avilov, V.I. Bakhmat // Mashinostroyeniye: setevoj elektronnyy nauchnyy zhurnal. – 2014. – № 3. – S. 66–71.
18. Nosenko, V.A. Issledovaniye poverkhnosti karbida kremniya posle vzaimodeystviya s kobaltom pri mikrotsarapanii / V.A. Nosenko, A.V. Avilov, K.V. Afanasyeva, V.I. Bakhmat // Novyy universitet. Seriya: Tekhnicheskiye nauki. – 2014. – № 9 (31). – S. 68–71.
19. Nosenko, V.A. Rentgenospektralnyy mikroanaliz poverkhnosti karbida kremniya posle mikrotsarapaniya titana / V.A. Nosenko, S.V. Nosenko, A.V. Avilov, V.I. Bakhmat // Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Mashinostroyeniye. – 2015. – T. 15. – № 1. – S. 69–79.
20. Nosenko, V.A., Nosenko S.V., Avilov A.V., Bakhmat V.I. Struktura i khimicheskii sostav poverkhnosti karbida kremniya posle mikrotsarapaniya titana / V.A. Nosenko, S.V. Nosenko, A.V. Avilov, V.I. Bakhmat // Mashinostroyeniye: setevoj elektronnyy nauchnyy zhurnal. – 2014. – № 4. – S. 14–20.

Nosenko Vladimir Andreevich

Volzhsky Polytechnic Institute (Branch) of Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
Volograd State Technical University, Volzhsky
Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director for Teaching and Learning, Head of the Department of Technology and Equipment of Machine Building Industries
404121, Russian Federation, Volgogradskaya Obl., Volzhsky, Pushkin St., Bldg. 62
Тел. 8 (8443) 38–68–34
E-mail: nosenko@volpi.ru

Avilov Alexander Viktorovich

Volzhsky Polytechnic Institute (Branch) of Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
Volograd State Technical University, Volzhsky
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the Department of Technology and Equipment of Machine Building Industries
404121, Russian Federation, Volgogradskaya Obl., Volzhsky, Pushkin St., Bldg. 62
Тел. 8 (8443) 39–79–17
E-mail: avilov@volpi.ru

Ladygina Olga Mikhailovna

Volzhsky Polytechnic Institute (Branch) of Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
Volograd State Technical University, Volzhsky
Head of the Laboratory of the Department of Technology and Equipment of Machine Building Industries
404121, Russian Federation, Volgogradskaya Obl., Volzhsky, Pushkin St., Bldg. 62
Тел. 8 (8443) 39–79–17
E-mail: omlad@mail.ru

Duma Elena Aleksandrovna

Volzhsky Polytechnic Institute (Branch) of Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
Volograd State Technical University, Volzhsky
Laboratory assistant of the Department of Technology and Equipment of Machine Building Industries
404121, Russian Federation, Volgogradskaya Obl., Volzhsky, Pushkin St., Bldg. 62
Тел. 8 (8443) 39–79–17
E-mail: dumaelena@inbox.ru

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

И БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УДК: 620.179.14

П.Н. ШКАТОВ, И.О. ЛИСИЦИНА

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С РАЗЛИЧНЫМ РАЗМЕЩЕНИЕМ ЭЛЕКТРОДОВ

Работа посвящена сравнительному исследованию выходных характеристик электропотенциальных преобразователей двух типов, используемых для измерения глубины трещин. Электроды преобразователя первого типа размещены на общей линии, а второго типа – в углах прямоугольника. Зависимости выходного сигнала преобразователей от параметров трещин вычислялись методом конечных элементов. Показано, что при размещении электродов в углах прямоугольника достигается существенно большая относительная чувствительность к глубине трещины и значительно уменьшается погрешность измерения, связанная со смещениями электродов относительно трещины. При этом абсолютные чувствительности преобразователей обоих типов сопоставимы.

Ключевые слова: электропотенциальный преобразователь, электроды, трещина, дефектометрия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Неразрушающий контроль. Вавилов В.П., Подмастерьев К.В., Соснин Ф.Р., Корндорф С.Ф., Ногачева Т.И., Пахолкин Е.В., Бондарева Л.А., Мужижский В.Ф. Справочник в 8 томах / Под общей редакцией В.В. Ключева. М., 2006. Том 5 Книга 1. Тепловой контроль. Книга 2. Электрический контроль (2-е издание, исправленное).
2. Брайнин, Э.И. Контроль элементов электрических машин и аппаратов электропотенциальным методом / Э.И. Брайнин. – М.: Энергия, 1980. – 80 с.
3. Шкатов, П.Н. Компьютеризированный измеритель глубины трещин «ЗОНД ИГТ-98» / П.Н. Шкатов // «Контроль. Диагностика» Машиностроение. – 1998. – № 2. – С. 49–54.
4. Shkatov, P.N. Increased preciseness of deep defects defecting through electropotential method / P.N. Shkatov // 7th European Conference on NDT, Copenhagen, 1998.
5. Шкатов, П.Н. Решение обратной задачи электропотенциальной дефектометрии для поверхностной трещины конечной длины / П.Н. Шкатов // Тезисы докладов 3-ей международной НТК «Компьютерные методы и обратные задачи в неразрушающем контроле и диагностике». – М. – 2002.
6. Шкатов, П.Н. Теоретическое исследование выходных характеристик электропотенциального преобразователя при его взаимодействии с наклонными трещинами конечной длины / П.Н. Шкатов, П.И. Черненко // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – № 6 (293). – 2012. – С. 48–52.
7. Шкатов, П.Н. Исследование погрешности измерения глубины трещин электропотенциальным методом / П.Н. Шкатов // Тезисы докладов 14-ой российской НТК «Неразрушающий контроль и диагностика», М. – 1996.
8. Makoto, Akama Nondestructive sizing of a 3D surface crack generated in a railway component using closely coupled probes for direct-current potential drop technique / Akama Makoto, Saka Masumi // Engineering Fracture Mechanics. – 2005. – Vol. 72. – Issue 2. – pp. 319–334.
9. Hicks, M.A. A comparison of theoretical and experimental methods of calibrating the electrical drop technique for crack length determination / M.A. Hicks, A.C. Pickard // International Journal of Fracture. – 1982. – pp. 91–101.
10. Cláudio, R.A. Development of a DC potential drop system controlled by computer / R.A. Cláudio, J. Maia, J.M. Dias Pereira, R. Baptista, C.M. Branco, J. Byrne // 9th Portuguese Conference on Fracture – ESTSetúbal, Ed. by SPM (Portuguese Society of Materials). – 2004.
11. Шкатов, П.Н. Измерение глубины трещин на цилиндрических поверхностях и в области галтельных переходов электропотенциальным методом / П.Н. Шкатов, А.А. Елисов // Приборы. – 2013. – № 4. – С. 12–15.
12. Prajapati, S. Potential drop detection of creep damage in the vicinity of welds / S. Prajapati, P.B. Nagy, P. Cawley // NDT&E International 47. – 2012. – pp. 56–65.
13. Сагарадзе, В.В. Коррозионное растрескивание аустенитных и ферроперлитных сталей / В.В. Сагарадзе, Ю.И. Филиппов, А.Ф. Матвиенко, Б.И., Мирошниченко В.Е., Лоскутов, В.А. Канайкин. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2004. – 278 с.

Шкатов Петр Николаевич
 ФГБОУ ВПО «Московский технологический университет», г. Москва
 Доктор технических наук, профессор
 Тел. (495) 964-91-50
 E-mail: petr_shkatov@mail.ru

Лисицина Ирина Олеговна
 ФГБОУ ВПО «Московский технологический университет», г. Москва
 Аспирантка
 Тел. (495) 964-91-50
 E-mail: lisitsina.ks@gmail.com

P.N. SHKATOV, I.O. LISITSINA

A COMPARATIVE STUDY DEFENDAMERICA ELECTROPOTENTIAL PROBES WITH DIFFERENT THE PLACEMENT OF ELECTRODES

The work is devoted to comparative study of the output characteristics of the electrical potential of the two types of probes used to measure the depth of cracks. The electrodes of the probe of the first type placed on a common line, and the second type – in the corners of the rectangle. Dependence of the output signal of the inverter from parameters of cracks was calculated using finite element method. It is shown that the placement of electrodes in the corners of the rectangle is achieved much higher relative sensitivity to the crack depth, thus greatly reducing the measurement error associated with the displacement of the electrodes relative to the crack. The absolute sensitivity of the probes of both types is comparable.

Keywords: electrical potential probe, electrodes, crack, flaw metering.

BIBLIOGRAPHY

1. Nerazrushayushchiy kontrol. Vavilov V.P., Podmasteryev K.V., Sosnin F.R., Korndorf S.F., Nogacheva T.I., Pakholkin Ye.V., Bondareva L.A., Muzhitzkiy V.F. Spravochnik v 8 tomakh / Pod obshchey redaktsiyey V.V. Klyuyeva. M., 2006. Tom 5 Kniga 1. Teplovoy kontrol. Kniga 2. Elektricheskiy kontrol (2-ye izdaniye, ispravlennoye).
2. Braynin, E.I. Kontrol elementov elektricheskikh mashin i apparatov elektropotentsialnym metodom / E.I. Braynin. – М.: Energiya, 1980. – 80 с.
3. Shkatov, P.N. Kompyuterizirovanny izmeritel glubiny treshchin «ZOND IGT-98» / P.N. Shkatov // «Kontrol. Diagnostika» Mashinostroyeniye. – 1998. – № 2. – S. 49–54.
4. Shkatov, P.N. Increased preciseness of deep defects defecting through electropotential method / P.N. Shkatov // 7th European Conference on NDT, Copenhagen, 1998.

5. Shkatov, P.N. Resheniye obratnoy zadachi elektropotentsialnoydefektometrii dlya poverkhnostnoy treshchiny konechnoy dliny / P.N. Shkatov // Tezisy dokladov 3–yey mezhdunarodnoy NTK «Kompyuternyye metody i obratnyye zadachi v nerazrushayushchem kontrole i diagnostike». – M. – 2002.
6. Shkatov, P.N. Teoreticheskoye issledovaniye vykhodnykh kharakteristik elektropotentsialnogo preobrazovatelya pri yego vzaimodeystvii s naklonnymi treshchinami konechnoy dliny / P.N. Shkatov, P.I. Chernenko // Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – № 6 (293). – 2012. – S. 48–52.
7. Shkatov, P.N. Issledovaniye pogreshnosti izmereniya glubiny treshchin elektropotentsialnym metodom / P.N. Shkatov // Tezisy dokladov 14–oy rossiyskoy NTK «Nerazrushayushchiy kontrol i diagnostika», M. – 1996.
8. Makoto, Akama Nondestructive sizing of a 3D surface crack generated in a railway component using closely coupled probes for direct-current potential drop technique / Akama Makoto, Saka Masumi // Engineering Fracture Mechanics. – 2005. – Vol. 72. – Issue 2. – pp. 319–334.
9. Hicks, M.A. A comparison of theoretical and experimental methods of calibrating the electrical drop technique for crack length determination / M.A. Hicks, A.C. Pickard // International Journal of Fracture. – 1982. – pp. 91–101.
10. Cláudio, R.A. Development of a DC potential drop system controlled by computer / R.A. Cláudio, J. Maia, J.M. Dias Pereira, R. Baptista, C.M. Branco, J. Byrne // 9th Portuguese Conference on Fracture – ESTSetúbal, Ed. by SPM (Portuguese Society of Materials). – 2004.
11. Shkatov, P.N. Izmereniye glubiny treshchin na tsilindricheskikh poverkhnostyakh i v oblasti galtelnykh perekhodov elektropotentsialnym metodom / P.N. Shkatov, A.A. YelisoV // Pribory. – 2013. – № 4. – S. 12–15.
12. Prajapati, S. Potential drop detection of creep damage in the vicinity of welds / S. Prajapati, P.B. Nagy, P. Cawley // NDT&EInternational 47. – 2012. – pp. 56–65.
13. Sagaradze, V.V. Korroziionnoye rastreskivaniye austenitnykh i ferropertlitnykh staley / V.V. Sagaradze, YU.I. Filippov, A.F. Matviyenko, B.I., Miroshnichenko V. Ye., Loskutov, V.A. Kanaykin. – Yekaterinburg: UrO RAN. – 2004. – 278 s.

Shkatov Peter Nikolaevich
«Moscow technological University», Moscow
Ph. D., Professor,
Ph.: (495) 964–91–50
E-mail: petr_shkatov@mail.ru

Lisitsina Irina Olegovna
«Moscow technological University», Moscow
postgraduate student
Ph.: (495) 964–91–50
E-mail: lisitsina.ks@gmail.com

УДК 620.1.05:620.179

А.В. ЖИДКОВ, М.П. ЖИЛЬЦОВ, А.А. ЛУПАНДИН, С.С. ВЬЮН,
О.А. ЛОБОДА, В.В. МИШИН, К.В. ПОДМАСТЕРЬЕВ

ПРОГРАММНО–АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ЭНДОПРОТЕЗА ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА С ПАРОЙ ТРЕНИЯ «МЕТАЛЛ–МЕТАЛЛ»

В статье рассмотрены математическая модель изменения сопротивления под воздействием внешней плавающей нагрузке, структура и принцип действия программно–аппаратного комплекса для экспериментальных исследований параметров процессов, происходящих в зоне контакта эндопротеза с парой трения «металл–металл», а также представлен алгоритм системы сбора данных. Программно–аппаратный комплекс предназначен для изучения процессов, протекающих в узле трения эндопротеза (в ходе его трибоиспытаний) в условиях, приближенных к реальным. Использование комплекса позволяет проводить научно–обоснованные испытания взаимодействующих сферических поверхностей с парой трения «металл–металл».

Ключевые слова: трибодиагностика, трибомониторинг, испытания, граничные слои, сферические поверхности, испытательные машины, смазка, электрорезистивный метод, трение, трибосопряжение, износ, устройство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. McNie, C. The Effect of Radial Clearance On Lubrication in a Metal on Metal joint tested in a Hip Joint Simulator / C. McNie, D. Dowson // Thinning Films and Tribological Interfaces. – 2000. – pp. 341–345.
2. Whitby, R. David. Tribological problems with medical implants / R. David Whitby // Worldwide. Tribology & Lubrication technology. – 2011. – № 1.
3. Вавилов, В.П. Неразрушающий контроль / В.П. Вавилов, К.В. Подмастерьев, Ф.Р. Соснин, С.Ф. Корндорф, Т.И. Ногачев, Е.В. Пахолкин, Л.А. Бондарева, В.Ф. Мужижкий. Справочник в 8 томах/ Под общей редакцией В.В. Клюева. М.: Машиностроение. – 2006. – Т. 5. – Кн. 1. Тепловой контроль. Книга 2. Электрический контроль (2–е издание, исправленное).
4. Пахолкин, Е.В. Приборы для трибомониторинга / Е.В. Пахолкин, К.В. Подмастерьев // Датчики и системы. – 2008. – № 3. – С. 16–19.

5. Подмастерьев, К.В. Электрический метод и средства поиска локальных дефектов опор качения / К.В. Подмастерьев, Е.В. Пахолкин // Дефектоскопия. – 1998. – № 8. – С. 59–67.
6. Некрасов, В.И. Метод и средство диагностирования эндопротезов суставов с парой трения металл–металл на стадии производства / В.И. Некрасов, В.В. Мишин, А.В. Жидков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2013. – № 6 (302). – С. 117–123.
7. Некрасов, В.И. Математическое моделирование процессов, протекающих в эндопротезе сустава / В.И. Некрасов, В.В. Мишин, А.С. Пашментова, Л.Н. Скосарь // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: сборник научных трудов XI-ой Международной научно–практической конференции: в 4-х томах. Курск. – 2014. – С. 147–152.
8. Левыкин, Д.А. Математическая модель электрического контакта шероховатых поверхностей / Д.А. Левыкин // Программные продукты и системы. – 2011. – № 4. – С. 178–180.
9. Свириденко, А.И. Механика дискретного фрикционного контакта / А.И. Свириденко, С.А. Чижик, М.И. Петроковец. – Минск: Наука і тэхніка, 1990. – 272 с.
10. Жидков, А.В. Однополярный источник тока с имитатором сопротивления для измерительного канала лабораторного стенда для испытаний эндопротеза тазобедренного сустава / А.В. Жидков, М.П. Жильцов, А.С. Пашментова, В.В. Мишин // Фундаментальные и прикладные аспекты создания биосферосовместимых систем. Материалы 2-й международной научно–технической интернет–конференции. – 2014. – С. 351–355.
11. Жидков, А.В. Блок усиления и фильтрации электрического сигнала пары трения эндопротеза при трибоиспытаниях / А.В. Жидков, М.П. Жильцов, И.В. Павлюченко // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: XII-я Международная научно–практическая конференция 19–20 марта 2015 года. – 2015. – Т. 2. – С. 95–99.
12. Жидков, А.В. Экспериментальные исследования электрических параметров процессов в зоне трения сферической детали / А.В. Жидков, М.П. Жильцов, А.С. Пашментова, И.В. Павлюченко, Л.С. Бобернага // Международная научно–техническая интернет–конференция ИСИТ 2015 «Информационные системы и технологии» – 2005.
13. Мишин, В.В. Приборная база для комплексного диагностирования подшипников / В.В. Мишин, К.В. Подмастерьев, В.В. Марков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2011. – № 4. – С. 111–120.
14. Селихов, А.В. Экспериментальное исследование электрического сопротивления (проводимости) подшипника качения как диагностического параметра / А.В. Селихов, В.В. Мишин, М.В. Майоров, А.А. Катыхин, К.В. Шаталов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2010. – № 6–2. – С. 25.
15. Мишин, В.В. Метод и средства диагностирования подшипниковых узлов с учетом макрогеометрии дорожек качения / В.В. Мишин. – автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Орел, 2000.
16. Подмастерьев, К.В. Диагностический комплекс для трибологических исследований электрофлуктуационными методами / К.В. Подмастерьев, Е.В. Пахолкин, В.В. Мишин, В.В. Марков // Контроль. Диагностика. – 2000. – № 12.

Жидков Алексей Владимирович
 ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Орёл
 Аспирант кафедры ЭВТИБ
 Тел.: +79536222332
 E-mail: alexeyzhidkov54@yandex.ru

Жильцов Михаил Петрович
 ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Орёл
 Аспирант кафедры ЭВТИБ
 Тел.: +79536291236
 E-mail: mik2015zh@yandex.ru

Лупандин Александр Александрович
 ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Орёл
 Аспирант кафедры ИС
 Тел.: +79208097410
 E-mail: shurik@student.su

Вьун Сергей Сергеевич
 ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Орёл
 Магистрант кафедры ПМиС
 Тел.: +79202842832
 E-mail: bozmankiev@mail.ru

Лобода Ольга Александровна
 ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Орёл
 Старший преподаватель
 кафедры ЭВТИБ
 Тел.: +79616226530
 E-mail: loboda.o@mail.ru

Мишин Владислав Владимирович
 ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Орёл
 Кандидат технических наук, доцент,
 зав. каф. ЭВТИБ
 Тел.: +79536133879
 E-mail: vlad89290@gmail.com

Подмастерьев Константин Валентинович
 ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Орёл
 Доктор технических наук, профессор, зав. каф. ПМиС
 Тел.: (4862)41–98–03
 E-mail: asms-orel@mail.ru

A.V. ZHIDKOV, M.P. ZHILTSOV, A.A. LUPANDIN, S.S. VYUN,
 O.A. LOBODA, V.V. MISHIN, K.V. PODMASTERYEV

HARDWARE–SOFTWARE COMPLEX FOR TEST HIP JOINT WITH FRICTION PAIR «METAL–METAL»

The article describes the mathematical model of resistance changes under the influence of external floating load, the structure and operation of hardware and software for experimental studies of the parameters of the processes occurring in the contact area of the endoprosthesis with a pair of friction «metal–metal», as well as the algorithm of data acquisition system. Hardware–software complex for studying the processes occurring in the implant friction node (during the test) in operating conditions close to reality. Its use allows testing of interacting spherical surfaces, based on the theoretical study of the mathematical model of the electrical resistance functioning hip endoprosthesis with a pair of friction «metal–metal».

Keywords: tribodiagnostics, tribomonitoring, testing, boundary layers, spherical surfaces, test devices, lubrication, electroresistive method, friction, tribocoupling, wear, device.

BIBLIOGRAPHY

1. McNie, C. The Effect of Radial Clearance On Lubrication in a Metal on Metal joint tested in a Hip Joint Simulator / C. McNie, D. Dowson // *Thinning Films and Tribological Interfaces*. – 2000. – pp. 341–345.
2. Whitby, R. David. Tribological problems with medical implants / R. David Whitby // *Worldwide. Tribology & Lubrication technology*. – 2011. – № 1.
3. Vavilov, V.P. Nerazrushayushchiy kontrol / V.P. Vavilov, K.V. Podmasteryev, F.R. Sosnin, S.F. Korndorf, T.I. Nogachev, Ye.V. Pakholkin, L.A. Bondareva, V.F. Muzhitskiy. Spravochnik v 8 tomakh/ Pod obshchey redaktsiyey V.V. Klyuyeva. M.: Mashinostroyeniye. – 2006. – T. 5. – Kn. 1. Teplovoy kontrol. Kniga 2. Elektricheskii kontrol (2–ye izdaniye, ispravlennoye).
4. Pakholkin, Ye.V. Pribory dlya tribomonitoringa / Ye.V. Pakholkin, K.V. Podmasteryev // *Datchiki i sistemy*. – 2008. – № 3. – S. 16–19.
5. Podmasteryev, K.V. Elektricheskii metod i sredstva poiskka lokalnykh defektov oror kacheniya / K.V. Podmasteryev, Ye.V. Pakholkin // *Defektoskopiya*. – 1998. – № 8. – S. 59–67.
6. Nekrasov, V.I. Metod i sredstvo diagnostirovaniya endoprotezov sustavov s paroy treniya metall–metall na stadii proizvodstva / V.I. Nekrasov, V.V. Mishin, A.V. Zhidkov // *Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii*. – 2013. – № 6 (302). – S. 117–123.
7. Nekrasov, V.I. Matematicheskoye modelirovaniye protsessov, protekayushchikh v endoproteze sustava / V.I. Nekrasov, V.V. Mishin, A.S. Pashmentova, L.N. Skosar // *Sovremennyye instrumentalnyye sistemy, informatsionnyye tekhnologii i innovatsii: sbornik nauchnykh trudov XI–oy Mezhdunarodnoy nauchno–prakticheskoy konferentsii: v 4–kh tomakh. Kursk*. – 2014. – S. 147–152.
8. Levykin, D.A. Matematicheskaya model elektricheskogo kontakta sherokhovatykh poverkhnostey / D.A. Levykin // *Programmnyye produkty i sistemy*. – 2011. – № 4. – S. 178–180.
9. Sviridenok, A.I. Mekhanika diskretnogo friktsionnogo kontakta / A.I. Sviridenok, S.A. Chizhik, M.I. Petrokovets. – Minsk: Navuka i tekhnika, 1990. – 272 s.
10. Zhidkov, A.V. Odnopolynarnyy istochnik toka s imitatorom soprotivleniya dlya izmeritel'nogo kanala laboratornogo stenda dlya ispytaniy endoproteza tazobedrennogo sustava / A.V. Zhidkov, M.P. Zhiltsov, A.S. Pashmentova, V.V. Mishin // *Fundamentalnyye i prikladnyye aspekty sozdaniya biosferosovmestimyykh sistem. Materialy 2–y mezhdunarodnoy nauchno–tekhnicheskoy internet–konferentsii*. – 2014. – S. 351–355.
11. Zhidkov, A.V. Blok usileniya i filtratsii elektricheskogo signala pary treniya endoproteza pri triboispytaniyakh / A.V. Zhidkov, M.P. Zhiltsov, I.V. Pavlyuchenko // *Sovremennyye instrumentalnyye sistemy, informatsionnyye tekhnologii i innovatsii: XII–ya Mezhdunarodnaya nauchno–prakticheskaya konferentsiya 19–20 marta 2015 goda*. – 2015. – T. 2. – S. 95–99.
12. Zhidkov, A.V. Eksperimentalnyye issledovaniya elektricheskikh parametrov protsessov v zone treniya sfericheskoy detali // A.V. Zhidkov, M.P. Zhiltsov, A.S. Pashmentova, I.V. Pavlyuchenko, L.S. Bobernaga // *Mezhdunarodnaya nauchno–tekhnicheskaya internet–konferentsiya ISIT 2015 «Informatsionnyye sistemy i tekhnologii»* – 2005.
13. Mishin, V.V. Pribornaya baza dlya kompleksnogo diagnostirovaniya podshipnikov / V.V. Mishin, K.V. Podmasteryev, V.V. Markov // *Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii*. – 2011. – № 4. – S. 111–120.
14. Selikhov, A.V. Eksperimentalnoye issledovaniye elektricheskogo soprotivleniya (provodimosti) podshipnika kacheniya kak diagnosticheskogo parametra // A.V. Selikhov, V.V. Mishin, M.V. Mayorov, A.A. Katykhin, K.V. Shatalov // *Fundamentalnyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii*. – 2010. – № 6–2. – S. 25.
15. Mishin, V.V. Metod i sredstva diagnostirovaniya podshipnikovyykh uzlov s uchetom makrogeometrii dorozhek kacheniya / V.V. Mishin. – avtoreferat dissertatsii na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Orel, 2000.
16. Podmasteryev, K.V. Diagnosticheskii kompleks dlya tribologicheskikh issledovaniy elektrofluktuatsionnymi metodami // K.V. Podmasteryev, Ye.V. Pakholkin, V.V. Mishin, V.V. Markov // *Kontrol. Diagnostika*. – 2000. – № 12.

Zhidkov Alexey Vladimirovich
State University PSU, Orel
Postgraduate at the Department of

Zhiltsov Mihail Petrovich
State University PSU, Orel
Postgraduate at the Department of

Lupandin Aleksandr Aleksandrovich
State University PSU, Orel
Postgraduate at the Department of IT

ECEIS
Ph.: +79536222332
E-mail: alexeyzhidkov54@yandex.ru

ECEIS
Ph.: +79536291236
E-mail: mik2015zh@yandex.ru

Ph.: +79208097410
E-mail: shurik@student.su

Viun Sergei Sergeevich
State University PSU, Orel
Ph.: +79202842832
E-mail: bozmankiev@mail.ru

Loboda Olga Aleksandrovna
State University PSU, Orel
PhD, professor
Senior Lecturer at the Department
of ECEIS
Ph.: +79616226530
E-mail: loboda.o@mail.ru

Mishin Vladislav Vladimirovich
State University PSU, Orel
PhD, docent
Ph.: +79536133879
E-mail: vlad89290@gmail.com

Podmasteryev Konstantin Valentinovich
State University PSU, Orel
Doctor of Technical Sciences, professor,
Head. Department of «Testing, Metrology and Certification»
Ph.: (4862)41-98-03
E-mail: asms-orel@mail.ru

УДК 76.35.41

Н.А. КОРЕНЕВСКИЙ, М.А. МАГЕРОВСКИЙ, А.Н. ШУТКИН, В.И. ФЕДЯНИН

НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ И ОЦЕНКИ УРОВНЯ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ

Рассматриваются математические модели принятия решений о выборе направлений спортивной подготовки и оценки уровня подготовленности спортсменов к спортивным состязаниям различного уровня с использованием нечеткой логики.

Ключевые слова: профессиональная ориентация, уровень спортивной подготовки, нечеткая логика принятия решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский, Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Барсенева. – М.: Медицина, 1997. – 235 с.
2. Белоцерковский, З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов. – М.: Советский спорт, 2005. – 312 с.
3. Бойцов, А.В. Синтез решающих правил для оценки уровня психоэмоционального напряжения и утомления с использованием двумерных классификационных пространств и векторной алгебры / В.И. Серебровский, А.В. Бойцов, А.Н. Шуткин, С.Н. Кореневская // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2014. – № 5(56). – С. 58–63.
4. Кореневский, Н.А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем / Н.А. Кореневский // Медицинская техника. – 2015. – № 1. – С. 33–35.
5. Кореневский, Н.А. Теоретические основы биофизики акупунктуры с приложениями в медицине, психологии и экологии на основе нечетких сетевых моделей / Н.А. Кореневский, Р.А. Крупчатников, Р.Т. Аль-Касасбех. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 528 с.
6. Кореневский, Н.А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем. Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2013. – № 2. – С.99–103.
7. Кореневский, Н.А. Синтез нечетких сетевых моделей обучаемых по структуре данных для медицинских экспертных систем / Н.А. Кореневский, Р.А. Крупчатников, С.А. Горбатенко // Медицинская техника. – 2008. – № 2. – С. 18–24.
8. Кореневский, Н.А. Метод прогнозирования и диагностики состояния здоровья на основе коллективов нечетких решающих правил / Н.А. Кореневский, Р.В. Руцкой, С.Д. Долженков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2013. – Т. 12. – № 4. – С. 905–909.
9. Кореневский, Н.А. Метод оценки функционального резерва человека оператора на основе комбинированных правил нечеткого вывода / Н.А. Кореневский, А.Н. Коростелев, Л.В. Стародубцева, В.В. Серебровский // Биотехносфера. – 2012. – № 1 (19). – С. 44–49.
10. Леонова, А.Б. Психодиагностика функциональных состояний человека. – М.: Изд-во Моск.ун-та, 1984. – 2000 с.
11. Руненко, С.Д. Исследование и оценка функционального состояния спортсменов / С.Д. Руненко, Е.А. Таламбум, Е.Е. Ачкасов // Учебное пособие для студентов лечебных и педиатрических факультетов медицинских вузов. ММА им. И.М. Сеченова, М. – 2010. – 72 с.
12. Титов, В.С. Классификация функционального состояния человека и нечеткая оценка его уровня / В.С. Титов, Т.Н. Сапитонова // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. – № 2. – Ч. 3. – С. 320–324.

13. Филатова, О.И. Метод, модели и алгоритм анализа и управления функциональным состоянием человека на основе нечетких гетерогенных правил принятия решений / О.И. Филатова // дисс. канд. техн. наук: 05.11.17, защищена 11.11.11, Курск, 2011.

14. Korenevskiy, N.A. Fuzzy determination of the humans level of psycho-emotional / N. A. Korenevskiy, R.T. Al-Kasasbeh, F. Ionescous, M. Alshamasin, E. Alkasasbeh, A.P. Smith // IFMBE Proceedings. – 2013. – V. 40. – IFMBE. – P. 213–216.

15. Korenevskiy, N.A. Fuzzy determination of the humans level of psycho-emotional. / N. A. Korenevskiy, R.T. Al-Kasasbeh, F. Ionescous, M. Alshamasin, E. Alkasasbeh, A.P. Smith // Mega-conference on Biomedical Engineering: proceedings of the 4th International Conference of the Development of Biomedical Engineering. – Ho Chi Minh City, Vietnam, January 8–12. – P. 354–357.

16. Korenevskii, N.A. Application of Fuzzy Logic for Decision-Making in Medical Expert Systems /N. A. Korenevskii // Biomedical Engineering. New York. – 2015. – Vol. 49. – № 1 – P. 46–49.

Корневский Николай Алексеевич

Юго-Западный государственный университет,
г. Курск
Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой
биомедицинской инженерии
Тел.: (4712) 22–26–60
E-mail: kstu-bmi@yandex.ru

Магеровский Михаил Александрович

Центральный спортивный клуб армии, г. Москва
Тренер
Тел.: (4712) 22–26–60
E-mail: kstu-bmi@yandex.ru

Шуткин Александр Николаевич

Воронежский институт государственной
противопожарной службы МЧС России, ВИ ГПС
МЧС г. Воронеж
Заместитель начальника института по учебной работе,
кандидат физ.-мат. наук
Тел.: (4712) 22–26–60
E-mail: kstu-bmi@yandex.ru

Федянин Виталий Иванович

Воронежский институт государственной
противопожарной службы МЧС России, г. Воронеж
Доктор технических наук, профессор
Тел.: (4712) 22–26–60
E-mail: kstu-bmi@yandex.ru

N.A. KORENEVSKIY, M.A. MAGEROVSKIY, A.N. SHUTKIN, V.I. FEDYANIN

**FUZZY MODELS OF PROFESSIONAL ORIENTATION
AND ASSESSMENT OF TRAINING OF ATHLETES**

Mathematical models decisions are taken on the directions of sports training and fitness level evaluation of athletes in sports at various levels with the use of fuzzy logic.

Keywords: *professional orientation, the level of sports training, fuzzy decision logic.*

BIBLIOGRAPHY

1. Bayevskiy, R.M. Otsenka adaptatsionnykh vozmozhnostey organizma i risk razvitiya zabolevaniy / R.M. Bayevskiy, A.P. Barseneva. – M.: Meditsina, 1997. – 235 s.
2. Belotserkovskiy, Z.B. Ergometricheskiye i kardiologicheskiye kriterii fizicheskoy rabotosposobnosti u sportsmenov. – M.: Sovetskiy sport, 2005. – 312 s.
3. Boytsov, A.V. Sintez reshayushchikh pravil dlya otsenki urovnya psikhoemotsionalnogo napryazheniya i utomleniya s ispolzovaniyem dvumernykh klassifikatsionnykh prostranstv i vektornoy algebrы / V.I. Serebrovskiy, A.V. Boytsov, A.N. Shutkin, S.N. Korenevskaya // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2014. – № 5(56). – S. 58–63.
4. Korenevskiy, N.A. Ispolzovaniye nechetkoy logiki prinyatiya resheniy dlya meditsinskikh ekspertnykh sistem / N.A. Korenevskiy // Meditsinskaya tekhnika. – 2015. – № 1. – S. 33–35.
5. Korenevskiy, N.A. Teoreticheskiye osnovy biofiziki akupunktury s prilozheniyami v meditsine, psikhologii i ekologii na osnove nechetkikh setevykh modeley / N.A. Korenevskiy, R.A. Krupchatnikov, R.T. Al-Kasasbekh. – Staryy Oskol: TNT, 2013. – 528 s.
6. Korenevskiy, N.A. Metod sinteza geterogennykh nechetkikh pravil dlya analiza i upravleniya sostoyaniyem biotekhnicheskikh sistem. Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravleniye, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoye priborostroyeniye. – 2013. – № 2. – S.99–103.
7. Korenevskiy, N.A. Sintez nechetkikh setevykh modeley obuchayemykh po strukture dannykh dlya meditsinskikh ekspertnykh sistem / N.A. Korenevskiy, R.A. Krupchatnikov, S.A. Gorbatenko // Meditsinskaya tekhnika. – 2008. – № 2. – S. 18–24.
8. Korenevskiy, N.A. Metod prognozirovaniya i diagnostiki sostoyaniya zdorovya na osnove kollektivov nechetkikh reshayushchikh pravil / N.A. Korenevskiy, R.V. Rutskey, S.D. Dolzhenkov // Sistemnyy analiz i upravleniye v biomeditsinskikh sistemakh. – 2013. – T. 12. – № 4. – S. 905–909.
9. Korenevskiy, N.A. Metod otsenki funktsionalnogo rezerva cheloveka operatora na osnove kombinirovannykh pravil nechetkogo vyvoda/ N.A. Korenevskiy, A.N. Korostelev, L.V. Starodubtseva, V.V. Serebrovskiy // Biotekhnosfera. – 2012. – № 1 (19). – S. 44–49.
10. Leonova, A.B. Psikhodiagnostika funktsionalnykh sostoyaniy cheloveka. – M.: Izd-vo Mosk.un-ta, 1984. – 2000 s.

11. Runenko, S.D. Issledovaniye i otsenka funktsionalnogo sostoyaniya sportsmenov / S.D. Runenko, Ye.A. Talamb, Ye.Ye. Achkasov // Uchebnoye posobiye dlya studentov lechebnykh i pediatricheskikh fakultetov meditsinskikh vuzov. MMA im. I.M. Sechenova, M. – 2010. – 72 s.
12. Titov, V.S. Klassifikatsiya funktsionalnogo sostoyaniya cheloveka i nechetskaya otsenka yego urovnya / V.S. Titov, T.N. Sapitonova // Izvestiya Yugo-Zapadnogo universiteta. 2012. – № 2. – CH. 3. – S. 320–324.
13. Filatova, O.I. Metod, modeli i algoritm analiza i upravleniya funktsionalnym sostoyaniyem cheloveka na osnove nechetskikh geterogennykh pravil prinyatiya resheniy / O.I. Filatova // diss. kand. tekhn. nauk: 05.11.17, zashchishchena 11.11.11, Kursk, 2011.
14. Korenevskiy, N.A. Fuzzy determination of the humans level of psycho-emotional / N. A. Korenevskiy, R.T. Al-Kasasbeh, F. Ionescuc, M. Alshamasin, E. Alkasasbeh, A.P. Smith // IFMBE Proceedings. – 2013. – V. 40. – IFMBE. – P. 213–216.
15. Korenevskiy, N.A. Fuzzy determination of the humans level of psycho-emotional. / N. A. Korenevskiy, R.T. Al-Kasasbeh, F. Ionescuc, M. Alshamasin, E. Alkasasbeh, A.P. Smith // Mega-conference on Biomedical Engineering: proceedings of the 4th International Conference of the Development of Biomedical Engineering. – Ho Chi Minh City, Vietnam, January 8–12. – 2012. – P. 354–357.
16. Korenevskii, N.A. Application of Fuzzy Logic for Decision-Making in Medical Expert Systems /N. A. Korenevskii // Biomedical Engineering. New York. – 2015. – Vol. 49. – № 1 – P. 46–49.

Korenevskiy Nikolay Alekseyevich
Southwestern State University, Kursk
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head.
Department of Biomedical Engineering
Ph.: (4712) 22–26–60
E-mail: kstu-bmi@yandex.ru

Magerovskiy Mikhail Aleksandrovich
Central Sports Army Club, Moscow
Trainer
Ph.: (4712) 22–26–60
E-mail: kstu-bmi@yandex.ru

Shutkin Aleksandr Nikolayevich
Voronezh Institute of the State Fire Service of
EMERCOM of Russia, VI Fire Service of EMERCOM
Voronezh
Deputy Head of the Institute for Academic Affairs,
Candidate of Physics and Mathematics. Sciences
Ph.: (4712) 22–26–60
E-mail: kstu-bmi@yandex.ru

Fedyanin Vitaliy Ivanovich
Voronezh Institute of the State Fire Service of
EMERCOM of Russia, Voronezh
Doctor of Technical Sciences, Professor
Ph.: (4712) 22–26–60
E-mail: kstu-bmi@yandex.ru

УДК 629.4.015

Ю.В. ИВАНОВ, В.Я. РАСПОПОВ, Р.В. АЛАЛУЕВ

МАЯТНИКОВЫЙ ДАТЧИК УРОВНЯ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ДЕМПФИРОВАНИЕМ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Проведен анализ зависимости времени переходного процесса от температуры окружающей среды в маятниковом датчике уровня с жидкостным демпфированием. Предложена конструкция датчика уровня с электромагнитным демпфированием собственных колебаний. Приведены результаты моделирования, показывающие эффективность его работы.

Ключевые слова: путевые машины, выправка пути, датчик уровня, математическая модель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Распопов В.Я. Датчики уровня систем управления железнодорожных машин / В.Я. Распопов, Ю.В. Иванов. – Тул. гос. ун-т. Тула, 2000. – 176 с.
2. Распопов, В.Я. Датчики уровня систем управления выправочных железнодорожных машин / В.Я. Распопов, Ю.В. Иванов, С.А. Зотов // Датчики и системы. – 1999. – № 4. – С. 40 – 43.
3. Дмитриев, В.А. Датчик уровня для путевых железнодорожных машин на базе физического маятника / В.А. Дмитриев, В.Я. Распопов, Ю.В. Иванов, Р.В. Алалуев // Датчики и системы. – 2006. – № 7. – С. 56 – 58.

Иванов Юрий Владимирович
ФГБОУ ВО «Тульский
государственный университет»,
г Тула
Доктор технических наук,
профессор кафедры «Приборы
управления»
E-mail: ivanov-uv@bk.ru

Распопов Владимир Яковлевич
ФГБОУ ВО «Тульский
государственный университет»,
г. Тула
Доктор технических наук,
профессор, заведующий кафедрой
«Приборы управления»
E-mail: tgu@yanex.ru

Алалуев Роман Владимирович
ФГБОУ ВО «Тульский
государственный университет»,
г. Тула
Кандидат технических наук,
доцент кафедры «Приборы
управления»
E-mail: tgu@yanex.ru

Yu.V. IVANOV, V.Ya. RASPOPOV, R.V. ALALUEV

THE PENDULUM SENSOR OF THE LEVEL WITH THE ELECTROMAGNETIC DAMPING FOR THE CONTROL OF THE HORIZONTALITY OF THE RAILWAY TRACK

The analysis of the dependence of the time of the transient process on the temperature of the environment in the pendulum sensor of the level with liquid damping was carried out. The construction of the sensor of the level with the electromagnetic damping of the natural oscillations was offered. The results of the modeling, which show the effectiveness of its work, are given.

Keywords: The rail track machine, leveling railway, The level sensor, mathematical model.

BIBLIOGRAPHY

1. Raspopov V.YA. Datchiki urovnya sistem upravleniya zhelezodorozhnykh mashin / V.YA. Raspopov, YU.V. Ivanov. – Tul. gos. un-t. Tula, 2000. – 176 s.
2. Raspopov, V.YA. Datchiki urovnya sistem upravleniya vypravochnykh zhelezodorozhnykh mashin / V.YA. Raspopov, YU.V. Ivanov, S.A. Zotov // Datchiki i sistemy. – 1999. – № 4. – S. 40 – 43.
3. Dmitriyev, V.A. Datchik urovnya dlya putevykh zhelezodorozhnykh mashin na baze fizicheskogo mayatnika / V.A. Dmitriyev, V.YA. Raspopov, YU.V. Ivanov, R.V. Alaluyev // Datchiki i sistemy. – 2006. – № 7. – S. 56 – 58.

Ivanov Yuriy Vladimirovich
Tula State University, Tula
Doctor of Engineering, professor of
department «Devices of control»
E-mail: ivanov-uv@bk.ru

Raspopov Vladimir Yakovlevich
Tula State University, Tula
Doctor of Engineering, professor,
chief of department «Devices of
control»
E-mail: tgupu@yanex.ru

Alaluyev Roman Vladimirovich
Tula State University, Tula
Ph.D, Assistant Professor of
department «Devices of control»
E-mail: tgupu@yanex.ru

УДК 621.01

А.С. КОЗЛОВ, Р.Я. ЛАБКОВСКАЯ, В.Л. ТКАЛИЧ, О.И. ПИРОЖНИКОВА

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДАТЧИКОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

В работе рассмотрены вопросы моделирования динамики контактных сердечников герконов с использованием известного из литературы матрично-топологического метода, который позволяет корректно моделировать многозвенные сложнопрофильные балочные контактные сердечники.

Ключевые слова: граф, алгоритм, электромеханический элемент, датчик, системы управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ткалич, В.Л. Надежность магнитоуправляемых контактов в системах управления / В.Л. Ткалич. – СПб: СПб ГИТМО (ТУ), 2000. – 98 с.
2. Ткалич, В.Л. Топологическая модель контактных сердечников геркона с сосредоточенными параметрами / В.Л. Ткалич, Н.Н. Губанов // деп. во ВИНТИ. – 1994. – № 219–294. – 12 с.
3. Пат. Российская Федерация 2016433, МПК H01 H1/66. Магнитоуправляемый контакт // Ткалич В.Л., Беккер Я.М., Фролова Е.Г.; заявитель и патентообладатель Научно-исследовательский институт электротехнических устройств. – № 4917333; заявл. 30.08.1993. – 2 с.
4. Пат. Российская Федерация 136920, МПК H01 H1/66. Магнитоуправляемый контакт // Лабковская Р.Я., Ткалич В.Л., Пирожникова О.И., Коробейников А.Г.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики». – № 2013137233/07; заявл. 08.08.2013; опубл. 20.01.14, Бюл. № 2. – 2 с.
5. Пат. Российская Федерация 144305, МПК H01 H1/66. Магнитоуправляемый контакт // Лабковская Р.Я., Ткалич В.Л., Пирожникова О.И., Коробейников А.Г.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский

национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики». – № 2014108108/07; заявл. 03.03.2014; опубл. 20.08.14. – 2 с.

6. Пат. Российская Федерация 144304, МПК H01 H1/66. Магнитоуправляемый контакт // Лабковская Р.Я., Ткалич В.Л., Пирожникова О.И.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики». – № 2014111614/07; заявл. 25.03.2014; опубл. 20.08.14. – 2 с.

7. Лабковская, Р.Я., Разработка библиотеки конечных элементов для САПР упругих конструкций герконов / Р.Я. Лабковская, В.Л. Ткалич, О.И. Пирожникова // Известия вузов. Приборостроение. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО. – 2013. – Т. 56. – № 3. – С. 21–24.

8. Лабковская, Р.Я. Анализ присоединенных масс упругих чувствительных элементов ртутных герконов / Р.Я. Лабковская, В.Л. Ткалич, О.И. Пирожникова // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО. – 2012. – Т. 55, вып. 7. – С. 32–35.

Козлов Алексей Сергеевич

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий механики и оптики, г. Санкт-Петербург
Аспирант кафедры проектирования и безопасности компьютерных систем
E-mail: zz.kozlov@gmail.com

Лабковская Римма Яновна

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий механики и оптики, г. Санкт-Петербург
Кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования и безопасности компьютерных систем
E-mail: studsovet_itmo@mail.ru

Ткалич Вера Леонидовна

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий механики и оптики, г. Санкт-Петербург
Доктор технических наук, профессор кафедры проектирования и безопасности компьютерных систем
E-mail: vera_leonidovna_tkalich@mail.ru

Пирожникова Ольга Игоревна

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий механики и оптики, г. Санкт-Петербург
Кандидат технических наук, ассистент кафедры проектирования и безопасности компьютерных систем
E-mail: cheezecake@mail.ru

A.S. KOZLOV, P.Ya. LABKOVSKAYA, V.L. TKALICH, O.I. PIROZHNIKOVA

MODELING THE DYNAMICS OF ELECTROMECHANICAL ELEMENTS SENSORS CONTROL SYSTEMS

The paper deals with the modeling of the dynamics of contact cores of reed switches with using well-known from literature matrix-topological method that allows correctly to model multilink geometrically-complex joist contact cores.

Keywords: graph, algorithm, electromechanical element, sensor, control systems.

BIBLIOGRAPHY

1. Tkalich, V.L. Nadezhnost magnitupravlyaemykh kontaktov v cistemakh upravleniya / V.L. Tkalich. – СПб: СПб GITMO (TU), 2000. – 98 с.
2. Tkalich, V.L. Topologicheskaya model kontaktnykh serdechnikov gepkona s soopedotochennymi parametrami / V.L. Tkalich, N.N. Gubanov // dep. vo VINITI. – 1994. – № 219–294. – 12 с.
3. Пат. Rossiyskaya Federatsiya 2016433, МПК H01 H1/66. Magnitupravlyayemyy kontakt // Tkalich V.L., Bekkep YA.M., Fpolkova E.G.; заявитель и патентообладатель Научно-исследовательский институт электротехнических устройств. – № 4917333; заявл. 30.08.1993. – 2 с.
4. Пат. Rossiyskaya Federatsiya 136920, МПК H01 H1/66. Magnitupravlyayemyy kontakt // Labkovskaya R.YA., Tkalich V.L., Pirozhnikova O.I., Korobeynikov A.G.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики». – № 2013137233/07; заявл. 08.08.2013; опубл. 20.01.14, Бул. № 2. – 2 с.
5. Пат. Rossiyskaya Federatsiya 144305, МПК H01 H1/66. Magnitupravlyayemyy kontakt // Labkovskaya R.YA., Tkalich V.L., Pirozhnikova O.I., Korobeynikov A.G.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики». – № 2014108108/07; заявл. 03.03.2014; опубл. 20.08.14. – 2 с.
6. Пат. Rossiyskaya Federatsiya 144304, МПК H01 H1/66. Magnitupravlyayemyy kontakt // Labkovskaya R.YA., Tkalich V.L., Pirozhnikova O.I.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики». – № 2014111614/07; заявл. 25.03.2014; опубл. 20.08.14. – 2 с.

7. Labkovskaya, P.YA., Pazpabotka biblioteki konechnykh elementov dlya CAPP uprugikh konstruktivnykh gepkonov / P.YA. Labkovskaya, V.L. Tkalich, O.I. Pipozhnikova // Izvestiya vuzov. Pribopostroyeniye. – Sankt-Peterburg: NIU ITMO. – 2013. – T. 56. – № 3. – S. 21–24.

8. Labkovskaya, P.YA. Analiz ppicoedinennykh mass uprugikh chuvstvitelnykh elementov rtutnykh gepkonov / P.YA. Labkovskaya, V.L. Tkalich, O.I. Pipozhnikova // Izvestiya vycshikh uchebnykh zavedeniy. Pribopostroyeniye. – Sankt-Peterburg: NIU ITMO. – 2012. – T. 55, vyp. 7. – S. 32–35.

Kozlov Aleksey Sergeevich

St. Petersburg National Research University of Information Technologies mehniki and Optics, St. Petersburg
Student of design and security of computer systems
E-mail: zz.kozlov@gmail.com

Labkovskaya Rimma Yanovna

St. Petersburg National Research University of Information Technologies mehniki and Optics, St. Petersburg
PhD, assistant professor of design and security of computer systems
E-mail: studsovet_itmo@mail.ru

Tkalich Vera Leonidovna

St. Petersburg National Research University of Information Technologies mehniki and Optics, St. Petersburg
Doctor of Technical Sciences, professor of design and security of computer systems
E-mail: vera_leonidovna_tkalich@mail.ru

Pirozhnikova Olga Igorevna

St. Petersburg National Research University of Information Technologies mehniki and Optics, St. Petersburg
Candidate of Technical Sciences, assistant of the department of design and security of computer systems
E-mail: cheezecake@mail.ru

КОНТРОЛЬ, ДИАГНОСТИКА, ИСПЫТАНИЯ

УДК 616–079.5+535.372

В.В. ДРЁМИН, Е.В. ДРЁМИНА, Е.В. ЖАРКИХ, Е.В. ПОТАПОВА,
Е.А. АЛИМИЧЕВА, Г.И. МАСАЛЫГИНА, А.В. ДУНАЕВ

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЧЕТАННЫХ МЕТОДОВ ОПТИЧЕСКОЙ НЕИНВАЗИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ТКАНЕЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПАЦИЕНТОВ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ

В работе показаны возможности сочетанного применения методов оптической неинвазивной диагностики (флуоресцентной спектроскопии и лазерной доплеровской флоуметрии) при исследовании жизнеспособности тканей пациентов с сахарным диабетом 2 типа. Проведена серия экспериментальных исследований на 15 пациентах эндокринологического отделения, а также на условно здоровых добровольцах. На основании полученных данных выявлено, что предложенный оригинальный метод может быть использован для диагностики нарушений микроциркуляторного русла и тканевого метаболизма в нижних конечностях пациентов на ранних стадиях, в том числе для уточнения патогенеза «диабетической стопы».

Ключевые слова: оптическая неинвазивная диагностика, флуоресцентная спектроскопия, лазерная доплеровская флоуметрия, микроциркуляция крови, метаболизм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крупаткин, А.И. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно–тканевых систем: колебания, информация, нелинейность: руководство для врачей / А.И. Крупаткин, В.В. Сидоров. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 496 с.
2. Dunaev, A.V. Individual variability analysis of fluorescence parameters measured in skin with different levels of nutritive blood flow / A.V. Dunaev, V.V. Dremin, E.A. Zherebtsov, I.E. Rafailov, K.S. Litvinova, S.G. Palmer, N. A. Stewart, S.G. Sokolovski, E.U. Rafailov // Journal Medical Engineering & Physics. – 2015. – 37 (6). – P. 574–583.
3. Rafailov, I.E. Computational model of bladder tissue based on its measured optical properties / I.E. Rafailov, V.V. Dremin, K.S. Litvinova, A.V. Dunaev, S.G. Sokolovski, E.U. Rafailov // Journal of Biomedical Optics. – 2016. – 21 (2). – P. 025006–025006.

4. Дунаев, А.В. Анализ индивидуальной вариабельности параметров в лазерной флуоресцентной диагностике / А.В. Дунаев, В.В. Дрёмин, Е.А. Жеребцов, С.Г. Палмер, С.Г. Соколовский, Э.У. Рафаилов // Биотехносфера. – 2013. – № 2 (26). – С. 39–47.
5. Оптическая биомедицинская диагностика: в 2 т. Т. 2 / Пер. с англ. под ред. В. В. Тучина. М.: Физматлит, 2007. – 368 с.
6. 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, V.V. Sidorov, A.I. Krupatkin, I.E. Rafailov, S.G. Palmer, N.A. Stewart, S.G. Sokolovski, E.U. Rafailov // Physiological Measurement. – 2014. – 35 (4). – P. 607–621.
7. Дрёмин, В.В. Влияние содержания меланина в коже на формирование сигнала флуоресцентной спектроскопии / В.В. Дрёмин, А.В. Дунаев // Оптический журнал. – 2016. – № 1 (83). – С. 57–64.
8. Bartolome, F. Measurement of mitochondrial NADH and FAD autofluorescence in live cells / F. Bartolome, A.Y. Abramov // Methods Mol Biol. – 2015. – 1264. – P. 263–270.
9. Mayevsky, A. Oxidation–reduction states of NADH in vivo: From animals to clinical use / A. Mayevsky, B. Chance // Mitochondrion. – 2007. – 7 (5). – P. 330–339.
10. Klecka, W.R. Discriminant Analysis // Sage University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences. – 1980. – P. 07–019.
11. Lachenbruch, P.A. Discriminant Analysis // Biometrics. – 1979. – 35. – P. 69–85.

Дрёмин Виктор Владимирович
ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Орёл, Россия
Аспирант кафедры
«Приборостроение, метрология и
сертификация» учебно–научно–
исследовательского института
информационных технологий,
стажер–исследователь научно–
образовательного центра
«Биомедицинская инженерия»
Тел.: +7–4862–41–98–76
E–mail: dremin_viktor@mail.ru

Потапова Елена Владимировна
ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Орёл, Россия
Доцент кафедры
«Приборостроение, метрология и
сертификация» учебно–научно–
исследовательского института
информационных технологий,
кандидат технических наук
Тел.: +7–4862–41–98–76
E–mail: elenasweet2007@gmail.com

Жарких Елена Валерьевна
ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Орёл, Россия
Студентка кафедры
«Приборостроение, метрология и
сертификация» учебно–научно–
исследовательского института
информационных технологий,
сотрудник студенческого
конструкторского бюро
биомедицинских инженерных
исследований (СКБ БМИИ)
научно–образовательного центра
«Биомедицинская инженерия»
Тел. +7 (4862) 41–98–76
E–mail: loread@mail.ru

Дрёмина Екатерина Вячеславовна
ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Орёл, Россия
Сотрудник научно–
образовательного центра
«Биомедицинская инженерия»
Тел.: +7–4862–41–98–76
E–mail: ichiebanienko@mail.ru

Алимичева Елена Александровна
БУЗ Орловской области «ООКБ»,
г. Орёл, Россия
Заведующая отделением – врач–
эндокринолог
Тел.: +7–4862–46–59–50

Масалыгина Галина Ивановна
БУЗ Орловской области «ООКБ»,
г. Орёл, Россия
Главный внештатный специалист
эндокринолог
Тел.: +7–4862–46–59–50

Дунаев Андрей Валерьевич
ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Орёл, Россия
Ведущий научный сотрудник научно–образовательного центра «Биомедицинская инженерия», кандидат
технических наук, доцент кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация» учебно–научно–
исследовательского института информационных технологий
Тел.: +7–4862–41–98–76
E–mail: dunaev@bmcencenter.ru

V. V. DREMIN, E. V. DREMINA, E. V. ZHARKIKH, E. V. POTAPOVA,
E. A. ALIMICHEVA, G. I. MASALYGINA, A. V. DUNAEV

POSSIBILITIES APPLICATION OF COMBINED METHODS OF OPTICAL NONINVASIVE DIAGNOSIS FOR TISSUE OF LOWER LIMBS VIABILITY STUDY IN PATIENTS WITH DIABETES

The paper shows the possibility of using optical non–invasive diagnostic methods (fluorescence spectroscopy and laser Doppler flowmetry) in the study of patients with type 2 diabetes. Was held a series of experimental studies on 15 patients from the Endocrinology division, as well as apparently healthy volunteers. Studies of the patients endocrinological profile show that the proposed original method can be used to diagnose disorders of the microvasculature and metabolism in the

lower limbs of patients at the early stages of the disease and clarify the pathogenesis of «diabetic foot».

Keywords: *optical non-invasive diagnostics, fluorescence spectroscopy, laser Doppler flowmetry, system of blood microcirculation, metabolism.*

BIBLIOGRAPHY

1. Krupatkin, A.I. Funktsionalnaya diagnostika sostoyaniya mikrotsirkulyatorno–tkanevykh sistem: kolebaniya, informatsiya, nelineynost: rukovodstvo dlya vrachey / A.I. Krupatkin, V.V. Sidorov. – M.: Knizhnyy dom «LIBROKOM», 2013. – 496 s.
2. Dunaev, A.V. Individual variability analysis of fluorescence parameters measured in skin with different levels of nutritive blood flow / A.V. Dunaev, V.V. Dremin, E.A. Zherebtsov, I.E. Rafailov, K.S. Litvinova, S.G. Palmer, N. A. Stewart, S.G. Sokolovski, E.U. Rafailov // Journal Medical Engineering & Physics. – 2015. – 37 (6). – P. 574–583.
3. Rafailov, I.E. Computational model of bladder tissue based on its measured optical properties / I.E. Rafailov, V.V. Dremin, K.S. Litvinova, A.V. Dunaev, S.G. Sokolovski, E.U. Rafailov // Journal of Biomedical Optics. – 2016. – 21 (2). – P. 025006–025006.
4. Dunayev, A.V. Analiz individualnoy variabelnosti parametrov v lazernoy fluorestsentnoy diagnostike / A.V. Dunayev, V.V. Dromin, Ye.A. Zherebtsov, S.G. Palmer, S.G. Sokolovskiy, E.U. Rafailov // Biotekhnosfera. – 2013. – № 2 (26). – S. 39–47.
5. Opticheskaya biomeditsinskaya diagnostika: v 2 t. T. 2 / Per. s angl. pod red. V. V. Tuchina. M.: Fizmatlit, 2007. – 368 s.
6. 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, V.V. Sidorov, A.I. Krupatkin, I.E. Rafailov, S.G. Palmer, N.A. Stewart, S.G. Sokolovski, E.U. Rafailov // Physiological Measurement. – 2014. – 35 (4). – P. 607–621.
7. Dromin, V.V. Vliyaniye soderzhaniya melanina v kozhe na formirovaniye signala fluorestsentnoy spektroskopii / V.V. Dromin, A.V. Dunayev // Opticheskiy zhurnal. – 2016. – № 1 (83). – S. 57–64.
8. Bartolome, F. Measurement of mitochondrial NADH and FAD autofluorescence in live cells / F. Bartolome, A.Y. Abramov // Methods Mol Biol. – 2015. – 1264. – P. 263–270.
9. Mayevsky, A. Oxidation–reduction states of NADH in vivo: From animals to clinical use / A. Mayevsky, B. Chance // Mitochondrion. – 2007. – 7 (5). – P. 330–339.
10. Klecka, W.R. Discriminant Analysis // Sage University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences. – 1980. – P. 07–019.
11. Lachenbruch, P.A. Discriminant Analysis // Biometrics. – 1979. – 35. – P. 69–85.

Dremin Victor Vladimirovich

Prioksky State University, Oryol, Russia
Postgraduate student degree of the Department «Instrumentation, metrology and certification» of Educational and Research Institute of Information Technology, Early stage researcher of scientific–educational center «Biomedical Engineering»
Ph.: +7–4862–41–98–76
E-mail: dremin_viktor@mail.ru

Potapova Elena Vladimirovna

Prioksky State University, Oryol, Russia
PhD, Docent of the Department «Instrumentation, metrology and certification» of Educational and Research Institute of Information Technology
Ph.: +7–4862–41–98–76
E-mail: elenasweet2007@gmail.com

Zharkikh Elena Valerievna

Prioksky State University, Oryol, Russia
Student of the Department «Instrumentation, metrology and certification», a member of the Student Design Bureau of Biomedical Engineering Research (SDB BMER) scientific and educational center «Biomedical Engineering»
Ph.: +7–4862–41–98–76
E-mail: loread@mail.ru

Dremina Ekaterina Vyacheslavovna

Prioksky State University, Oryol, Russia
Employee of scientific–educational center «Biomedical Engineering»
Ph.: +7–4862–41–98–76
E-mail: ichiebanienko@mail.ru

Alimicheva Elena Alexandrovna

Endocrinology Department «Oryol Regional Clinical Hospital», Oryol, Russia
Head of department – Endocrinologist
Ph.: +7–4862 46–59–50

Masalygina Galina Ivanovna

Endocrinology Department «Oryol Regional Clinical Hospital», Oryol, Russia
Head Specialist Endocrinologist
Ph.: +7–4862 46–59–50

Dunaev Andrey Valerievich

Prioksky State University, Oryol, Russia
Leading Research Fellow of scientific–educational center «Biomedical Engineering», PhD, Docent of the Department «Instrumentation, metrology and certification» of Educational and Research Institute of Information Technology
Ph.: +7–4862–41–98–76
E-mail: dunaev@bmecenter.ru

УДК 620.1.05: 544

М.А. ГОРИНА, Е.Н. ГРЯДУНОВА, А.В. ГОРИН

КОНТРОЛЬ ГИБКИХ ТРУБОПРОВОДОВ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ

Статья посвящена основным принципам контроля герметичности гибких трубопроводов. Гибкие трубопроводы могут заполняться рабочими телами, в состав которых входят органические вещества в виде предельных углеводородов. Авторы предлагают метод определения утечек углеводородов, основанный на вспомогательной химической реакции с водным раствором брома и дальнейшей регистрации изменения оптической плотности индикаторного раствора.

Ключевые слова: фотометрический метод, углеводороды, допустимые утечки, световой поток, оптическая плотность раствора, степень герметичности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горин, А.В. Применение гидравлических машин ударного действия для образования скважин в грунтах / А.В.Горин, Д.Н. Ешуткин, М.А. Горина. – Орел: Госуниверситет – УНПК, 2015. – 151 с.
2. ГОСТ 12.1.007–76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2007. – 16 с.
3. ГОСТ 12.1.005–88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Стандартинформ, 2005. – 95 с.
4. Фроловский, П.Ф. Хромотография газов / П.Ф. Фроловский. – М.: Недра, 1996. – 181 с.
5. Бударин, Л.И. Химические методы испытания изделий на герметичность / Л.И. Бударин, К.С. Касаев. – Киев: Академия наук Украинской ССР, 1991. – 232 с.
6. ГОСТ 26790–85. Техника течеискания. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2004. – 8 с.
7. Булатов, М.И. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа / М.И. Булатов, И.П. Калинин. – Ленинград: Химия, 1979. – 246 с.
8. Горин, А.В. Проверка изделий, заполненных предельными углеводородами, на герметичность: монография / А.В. Горин, Е.Н. Грядунова, М.А. Горина. – Орел: ООО ПФ «Картуш», 2016. – 98 с.

Горина Мария Андреевна
ФГБОУ ВО «Приокский
государственный университет»,
г. Орел
Студент
Россия, 302020, г. Орел,
Наугорское ш., д. 29
E-mail: gorin57@mail.ru

Грядунова Елена Николаевна
ФГБОУ ВО «Приокский
государственный университет»,
г. Орел
Кандидат технических наук,
доцент кафедры «Техническая
механика и инженерная графика»
Россия, 302020, г. Орел,
Наугорское ш., д. 29
E-mail: gryadunova65@mail.ru

Горин Андрей Владимирович
ФГБОУ ВО «Приокский
государственный университет»,
г. Орел
Кандидат технических наук,
доцент кафедры «Техническая
механика и инженерная графика»
Россия, 302020, г. Орел,
Наугорское ш., д. 29
E-mail: gorin57@mail.ru

M.A. GORINA, Ye.N. GORBUNOVA, A.V. GORIN

CONTROLLER FLEX LEAK

The article is devoted to the basic principles of the control of tightness of flexible piping. Flexible pipes are filled with the working fluid, which contain organic substances in the form of limiting Carbs-boons. The authors suggest the use of photometric method definition of hydrocarbon leaks in flexible pipes. Photometric method poses it possible to determine the leakage of a small volume of hydrocarbons.

Keywords: photometric method, hydrocarbons allowable leakage light flux, the optical density of the solution, the degree of tightness.

BIBLIOGRAPHY

1. Gorin, A.V. Primeneniye gidravlicheskih mashin udarnogo deystviya dlya obrazovaniya skvazhin v gruntakh / A.V.Gorin, D.N. Yeshutkin, M.A. Gorina. – Орел: Gosuniversitet – UNPK, 2015. – 151 s.
2. GOST 12.1.007–76. Sistema standartov bezopasnosti truda. Vrednyye veshchestva. Klassifikatsiya i obshchiye trebovaniya bezopasnosti. – М.: Standartinform, 2007. – 16 s.
3. GOST 12.1.005–88. Sistema standartov bezopasnosti truda. Obshchiye sanitarno-gigiyenicheskiye trebovaniya k vozdukhу rabochey zony. – М.: Standartinform, 2005. – 95 s.
4. Frolovskiy, P.F. Khromotografiya gazov / P.F. Frolovskiy. – М.: Nedra, 1996. – 181 s.
5. Budarin, L.I. Khimicheskiye metody ispytaniya izdeliy na germetichnost / L.N. Budarin, K.S. Kasayev. – Kiyev: Akademiya nauk Ukrainskoy SSR, 1991. – 232 s.
6. GOST 26790–85. Tekhnika techeiskaniya. Terminy i opredeleniya. – М.: Standartinform, 2004. – 8 s.
7. Bulatov, M.I. Prakticheskoye rukovodstvo po fotometricheskim metodam analiza / M.I. Bulatov, I.P. Kalinkin. – Leningrad: Khimiya, 1979. – 246 s.

8.Gorin, A.V. Proverka izdeliy, zapolnennykh predelnymi uglevodorodami, na germetichnost: monografiya / A.V. Gorin, Ye.N. Gryadunova, M.A. Gorina. – Orel: OOO PF «Kartush», 2016. – 98 s.

Gorina Maria Andreevna

FSBEI HE Prioksky State University,
Orel
Student
Naugorskoye shosse 29, Orel, Russia,
302020
E-mail: gorin57@mail.ru

Griadyanova Elena Nikolaevna

FSBEI HE Prioksky State University,
Orel
Candidate Science Technic, the senior
lecturer of faculty «Theoretical
mechanics and engineering graphics»
Naugorskoye shosse 29, Orel, Russia,
302020
E-mail: gryadunova65@mail.ru

Gorin Andrei Vladimirovich

FSBEI HE Prioksky State University,
Orel
Candidate Science Technic, the senior
lecturer of faculty «Theoretical
mechanics and engineering graphics»
Naugorskoye shosse 29, Orel, Russia,
302020
E-mail: gorin57@mail.ru

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

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

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

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

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

- Структура статьи:

УДК:

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

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

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

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

Текст статьи;

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

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

Фамилия, имя, отчество;

учреждение или организация;

ученая степень, ученое звание, должность;

адрес;

телефон;

электронная почта.

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

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

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

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

С полной версией требований к оформлению научных статей Вы можете ознакомиться на сайте www.gu-unpk.ru.

Плата за опубликование статей не взимается.

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

Адрес учредителя:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
Тел. (4862) 42–00–24
Факс (4862) 41–66–84
www.gu-unpk.ru
E-mail: unpk@ostu.ru

Адрес редакции:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
(4862) 54–15–19, 55–55–24, +7(906)6639898, 41–98–48, 41–98–03

www.gu-unpk.ru
E-mail: tiostu@mail.ru

Материалы статей печатаются в авторской редакции

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

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

Подписано в печать 16.03.2016 г.
Формат 60x88 1/8. Усл. печ. л. 9,25.
Тираж 600 экз.
Заказ №48/16П1

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»
302030, г. Орел, ул. Московская, 65.