

7. Shahraman'jan A.M., Kachanov S.A., Volkov O.S. Geoinformacionnye tehnologii v koncepcii intellektual'nyh zdaniy i zadachah kompleksnoj bezopasnosti trgovykh ob#ektov. – M.: ArcReview, 2005. – №4 (35). – S. 18–19.

8. Potapenko A.M., Mihajlov S.N., Zai-chko V.A. Sistema podgotovki i povysheniya kvalifikacii specialistov po voprosam ispol'zovaniya rezul'tatov kosmicheskoy deya-

tel'nosti na primere Kurskoj oblasti // Izvestiya Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2013. – №6-2 (51). – S.55-59.

9. Osnovnye napravleniya sistemnogo resheniya zadach regional'noj informatizacii / V.G. Andronov, S.G. Emel'janov, S.N. Mihajlov, A.M. Potapenko // Informacionno-izmeritel'nye i upravljajushhie sistemy. – 2008. – №10. – Т.6. – S. 7-13.

УДК 621.2.082.18

Н.А. Крылов, канд. техн. наук, доцент, СПбПУ Петра Великого (Санкт-Петербург) (e-mail: cry_off@mail.ru)

В.В. Медведева, мл. научн. сотрудник, СПбПУ Петра Великого (Санкт-Петербург) (e-mail: vikamv@mail.ru)

А.Д. Бреки, канд. техн. наук, доцент, СПбПУ Петра Великого (Санкт-Петербург) (e-mail: albreki@yandex.ru)

К.В. Петровская, мл. научн. сотрудник, СПбПУ Петра Великого (Санкт-Петербург) (e-mail: bonika.tm@gmail.com)

А.Е. Гвоздев, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «ТГПУ им. Л.Н Толстого» (Тула) (e-mail: technology@tspu.tula.ru)

Н.Е. Стариков, д-р техн. наук, профессор, ТулГУ (Тула) (e-mail: starikov_tai@mail.ru)

Д.А. Провоторов, канд. техн. наук, ведущий инженер-конструктор, ООО НПП «Вулкан-ТМ» (Тула) (e-mail: prodmyt@rambler.ru)

А.Н. Сергеев, д-р техн. наук, профессор, Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого (e-mail: technology@tspu.tula.ru)

Е.В. Агеев, д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: ageev_ev@mail.ru)

Д.В. Малий, ФГБОУ ВПО «ТГПУ им. Л.Н Толстого» (Тула) (e-mail: maliydmityriy@yandex.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКОЙ ПАРЫ РАБОЧЕГО ОРГАНА ПЕРИСТАЛЬТИЧЕСКОГО АГРЕГАТА

Надёжная эксплуатация насосов в большинстве случаев определяется износостойкостью двух элементов рабочего органа – гибкого рукава и башмака.

Цель данной работы – исследование различных пар трения, используемых в рабочем органе перистальтических насосов. Испытания выполнены на модифицированной машине трения. Получены значения коэффициентов трения для исследуемых пар, износа и шероховатости их поверхностей, а также температуры рабочей среды. Проведён сравнительный анализ полученных данных.

Для оценки триботехнических свойств пар материалов, предлагаемых к использованию в рабочем органе насоса, были проведены испытания на модифицированной машине трения СМЦ-2. Машина трения была оснащена аналогово-цифровым преобразователем, позволяющем регистрировать величину момента трения и температуру в цифровом виде.

Испытания проводились по схеме «колодка-ролик» с погружением ролика в ванночку с дистиллированным глицерином ПК-94, используемым в качестве охлаждающе-смазывающей жидкости в перистальтических агрегатах.

Ролики – контробразцы были изготовлены из материалов, предлагаемых для изготовления башмака: сталь 45, деформируемый алюминий Д16 и АВ85, а также антифрикционный силумин АС. Колодка -

образец вырезалась непосредственно из рукава насоса в виде сегмента в продольном направлении. Материал рукава насоса – синтетические каучуки СКИ и СКД.

В работе отмечено, что с позиции меньших потерь на трение и нагрев, который особенно критичен для эффективной работы перистальтических агрегатов, можно рекомендовать для изготовления башмаков, работающих в паре с синтетическими каучуковыми рукавами, сталь 45. Также необходимо отметить, что при изготовлении такого башмака желательно получать шероховатость рабочей поверхности, близкую к полученной при испытаниях, что уменьшает вероятность преждевременного повреждения рукава во время приработки рабочего органа.

Ключевые слова: перистальтический насос, антифрикционные материалы, трение и износ.

Благодаря своему принципу действия, перистальтические насосы имеют ряд преимуществ, такие, как высокая точность дозирования, отсутствие контакта с металлом, низкий шум, что определяет их применение в таких сферах, как пищевая и химическая промышленность, медицина и биотехнологии.

Надёжная эксплуатация таких насосов, в большинстве случаев, определяется износостойкостью двух элементов рабочего органа – гибкого рукава и башмака.

На рисунке 1 представлена схема конструкции насоса АРНП25, изготавливаемого заводом дозирочной техники «Ареопаг» [1].

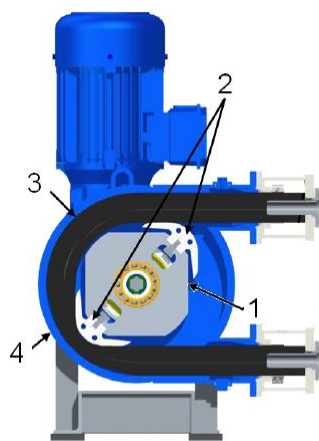


Рис. 1. Конструкция перистальтического агрегата

При вращении водила 1 башмаки 2 скользят по рукаву 3, пережимая его, и выдавливают перекачиваемую среду в направлении вращения. Рукав после пережатия башмаками практически сразу восстанавливает свою форму до полного

сечения. В результате за башмаками создается вакуум, обеспечивающий самовсасывание перекачиваемой среды. Корпус насоса 4 служит направляющей для рукава и ёмкостью для охлаждающе-смазывающей жидкости.

Для оценки триботехнических свойств пар материалов, предлагаемых к использованию в рабочем органе насоса, были проведены испытания на модифицированной машине трения СМЦ-2. Машина трения была оснащена аналогово-цифровым преобразователем (АЦП), позволяющем регистрировать величину момента трения и температуру в цифровом виде.

Испытания проводились по схеме «колодка-ролик» [3] с погружением ролика в ванночку с дистиллированным глицерином ПК-94, используемым в качестве охлаждающе-смазывающей жидкости в перистальтических агрегатах. Схема испытания представлена на рисунке 2.

Ролики – контробразцы были изготовлены из материалов, предлагаемых для изготовления башмака: сталь 45, деформируемый алюминий Д16 и АВ85, а также антифрикционный силумин АС. Колодка-образец вырезалась непосредственно из рукава насоса в виде сегмента в продольном направлении. Материал рукава насоса – синтетические каучуки СКИ и СКД.

Так как стандартная оснастка машины трения не предусматривает установку нежёсткой колодки – образца, было спроектировано и изготовлено специальное

приспособление – держатель образца. За основу конструкции приспособления была взята схема, предлагаемая в ГОСТ Р 51860-2002 [2]. Конструкция такого приспособления в сборе представлена на рисунке 3.

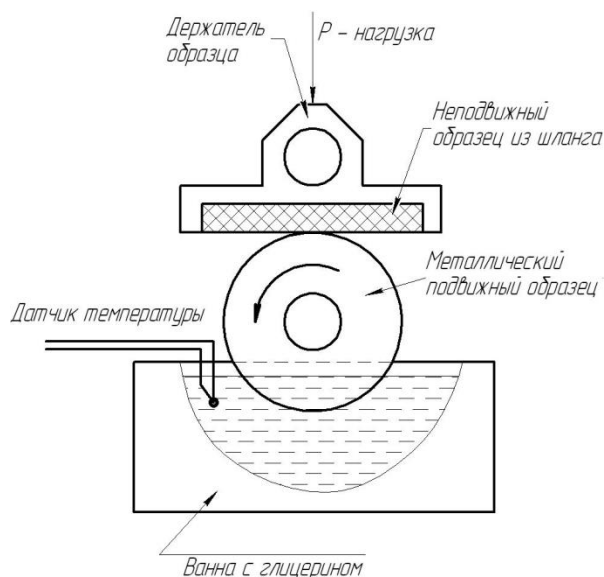


Рис. 2. Схема испытания «колодка-ролик»

Испытания на машине трения проводились со следующими режимами: нормальная нагрузка $P=15$ кгс, скорость вращения ролика – контробразца $n=300$ об/мин.

Было проведено четыре серии испытаний, результаты которых представлены на сводных графиках (рис. 4 и 5).

Как видно из графиков, наименьший коэффициент трения и температуру охлаждающе-смазывающей жидкости, по материалу рукава перистальтического агрегата обеспечивает сталь 45.

Для оценки износостойкости материала башмака насоса, производилось взвешивание роликов – контробразцов до и после испытаний, по которым рассчитывался весовой износ. Результаты такого расчёта сведены в таблицу 1.

Следует отметить, что большой весовой износ стального контробразца связан с большим, почти в три раза, удельным весом стали, по сравнению со сплавами на основе алюминия. Следовательно, по объёму стальной контробразец изнашивался меньше, чем контробразцы на основе алюминия.

Так же были измерены шероховатости поверхностей образцов и контробразцов до и после испытаний.

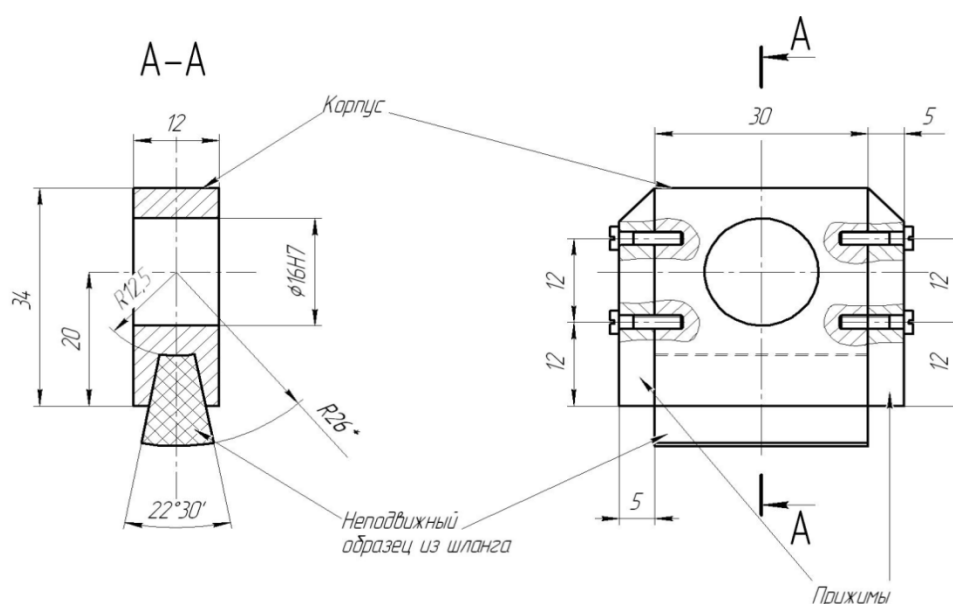


Рис. 3. Приспособление для установки колодки - образца в сборе

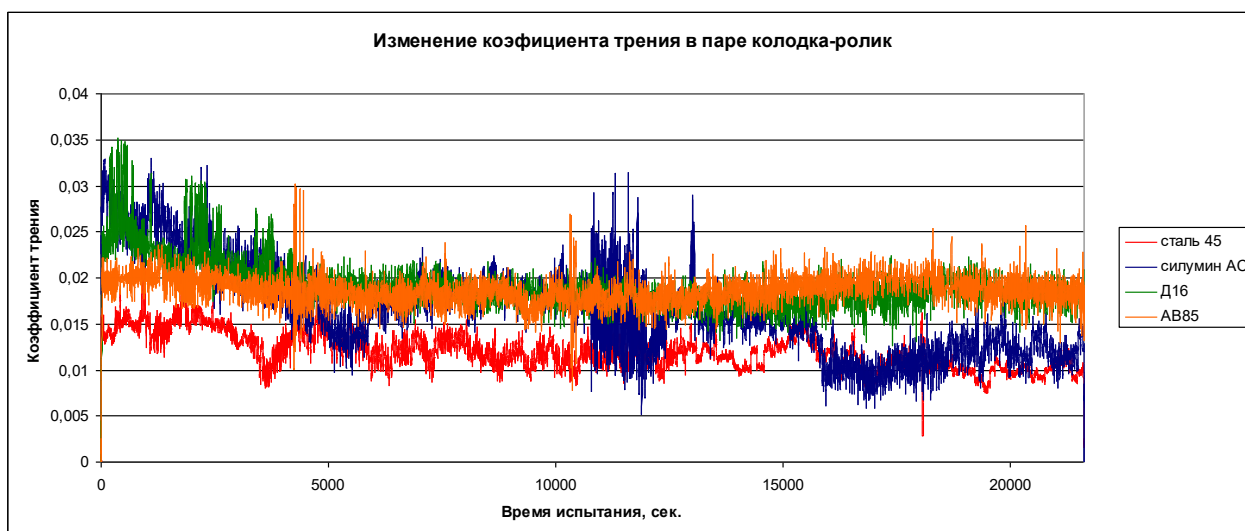


Рис. 4. Изменение коэффициента трения в паре колодка-ролик

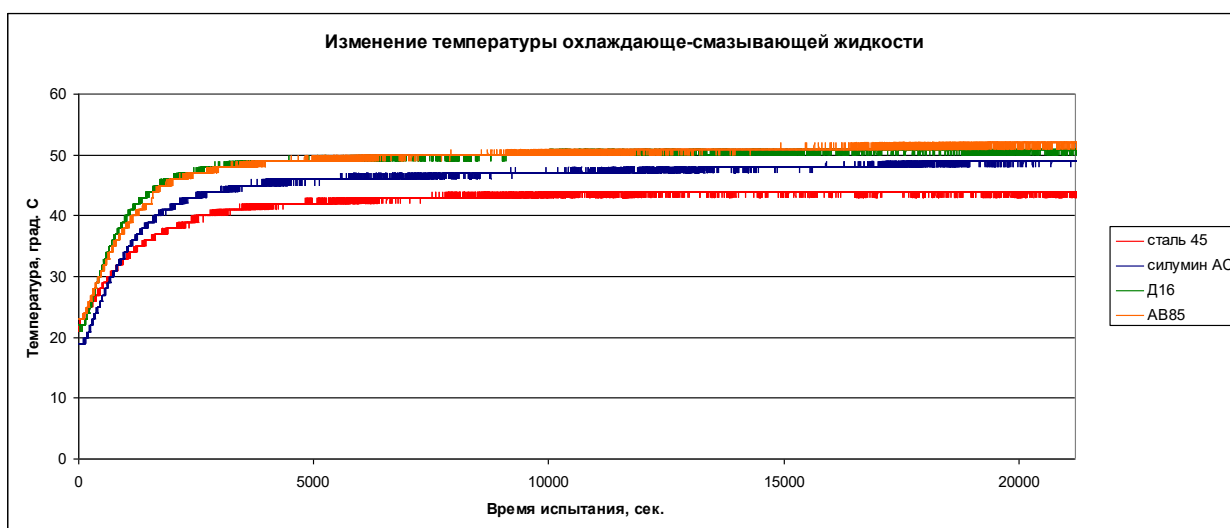


Рис. 5. Изменение температуры охлаждающе-смазывающей жидкости

Результаты этих измерений сведены в таблицу 2, где R_a – среднеарифметическое отклонение профиля; R_q – среднеквадратическое отклонение профиля; R_z – высота неровностей профиля по 10 точкам; R_t – общая высота профиля.

Здесь можно отметить, что после испытаний, рабочие поверхности всех образцов и контрообразцов увеличили свою шероховатость, за исключением пары с антифрикционным силумином АС.

Таблица 1

Весовой износ роликов - контрообразцов

Материал контрообразца	Вес до испытания, г.	Вес после испытания, г.	Весовой износ, г.
Сталь 45	162,9384	162,9344	-0,0040
Силумин АС	56,5878	56,5858	-0,0020
Д16	58,6076	58,6058	-0,0018
АВ85	59,0964	59,0944	-0,0020

Таблица 2

Параметры шероховатости поверхности до и после испытаний

Параметр шероховатости, мкм		До испытаний		После испытаний	
		ролик	колодка	ролик	колодка
Сталь 45	Ra	1,190	10,642	1,202	13,270
	Rq	1,374	13,741	1,396	17,307
	Rz	5,300	53,431	5,857	69,876
	Rt	5,770	71,970	7,540	89,670
Силумин АС	Ra	0,724	11,674	0,496	10,391
	Rq	0,930	15,019	0,649	12,747
	Rz	4,628	58,189	3,295	44,827
	Rt	6,130	82,510	4,370	59,50
Д16	Ra	0,933	7,758	1,468	13,364
	Rq	1,144	9,811	1,723	16,918
	Rz	5,254	36,749	7,163	61,828
	Rt	6,480	58,160	8,690	72,820
АВ85	Ra	2,538	4,290	3,000	9,263
	Rq	2,959	5,317	3,548	11,573
	Rz	11,926	20,990	13,830	43,768
	Rt	13,50	27,080	15,900	57,02

Скорее всего, это можно объяснить низкой твердостью антифрикционного силумина и его способностью переноситься на ответные тела в паре, то есть способность «намазываться» даже при небольших контактных давлениях.

В заключение работы можно отметить, что с позиции меньших потерь на трение и нагрев, который особенно критичен для эффективной работы перистальтических агрегатов, можно рекомендовать для изготовления башмаков, работающих в паре с синтетическими каучуковыми рукавами, сталь 45. Также необходимо отметить, что при изготовлении такого башмака желательно получать шероховатость рабочей поверхности, близкую к полученной при испытаниях, что уменьшает вероятность преждевременного повреждения рукава во время приработки рабочего органа.

Полученные в данной работе результаты могут найти широкое применение при разработке ресурсосберегающих процессов и технологий [4-9].

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда по приоритетному направлению деятельно-

сти Российского научного фонда «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований по приоритетным тематическим направлениям исследований» научному проекту: «Формирование беспористых покрытий из нанокмпозиционных материалов типа «износостойкая матрица – наночастицы дисульфида молибдена (вольфрама)», обладающих низким коэффициентом трения, методом химического осаждения из газовой фазы», № 15-13-00045.

Список литературы

1. Агрегат электронасосный перистальтический (шланговый) НР25: руководство по эксплуатации. – СПб., 2014. – 34 с.
2. ГОСТ Р 51860-2002. Обеспечение износостойкости изделий. Оценка противоизносных свойств смазочных материалов методом «шар – цилиндр». – М.: Госстандарт России, 2006. – 8 с.
3. Комбалов В. С. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов: справочник. – М.: Машиностроение, 2008. – 384 с.
4. Постановка задачи расчета деформационной повреждаемости металлов и

сплавов/А.Е. Гвоздев, Г.М. Журавлев, Н.Н. Сергеев, В.И. Золотухин, Д.А. Провоторов// Производство проката. – 2015. – №10. – С. 18-26.

5. Влияние деформационной повреждаемости на формирование механических свойств малоуглеродистых сталей/ Г.М. Журавлев, А.Е. Гвоздев, Н.Н. Сергеев, Д.А. Провоторов// Производство проката. – 2015. – №12. – С. 3-14.

6. Макаров Э.С., Гвоздев А.Е., Журавлев Г.М. Теория пластичности дилатирующих сред: монография / под ред. проф. А.Е. Гвоздева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2015. – 337 с.

7. Гвоздев А.Е., Журавлев Г.М., Колмаков А.Г. Формирование механических свойств углеродистых сталей в процессах вытяжки с утонением // Технология металлов. – 2015. – №11. – С. 17-31.

8. Сопряженные поля в упругих, пластических, сыпучих средах и металлических труднодеформируемых системах: монография / Э.С. Макаров, В.Э. Ульченкова, А.Е. Гвоздев, Н.Н. Сергеев, А.Н. Сергеев: под ред. проф. А.Е. Гвоздева. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2016. – 526 с.

9. Оценка триботехнических свойств композиционных покрытий на основе полигетероарилена «ПМ-ДАДФЭ» с наполнителем из наночастиц диселенида вольфрама при трении в среде смазочного масла / А.Д. Бреки, Ю.А. Фадин, А.Л. Диденко, В.В. Кудрявцев, Е.С. Васильева, О.В. Толочко, А.Е. Гвоздев, Е.В. Агеев, Д.А. Провоторов, Н.Е. Стариков, А.Н. Сергеев, Д.В. Малий // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015. – № 6 (63). – С. 60–65.

Получено 09.06.16

N. A. Krylov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Polytechnic University Peter the Great (St. Petersburg) (e-mail: cry_off@mail.ru)

V.V. Medvedev, Research Assistant, St. Petersburg State Polytechnic University Peter the Great (St. Petersburg) (e-mail: albreki@yandex.ru)

A. D. Breki, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Polytechnic University Peter the Great (St. Petersburg) (e-mail: albreki@yandex.ru)

K.V. Petrovskaya, Research Assistant, St. Petersburg State Polytechnic University Peter the Great (St. Petersburg) (e-mail: bonika.tm@gmail.com)

A.E. Gvozdev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University (Tula) (e-mail: technology@tspu.tula.ru)

D.A. Provotorov, Candidate of Engineering Sciences, Leading Design Engineer, SME «Vulkan-TM» (Tula) (e-mail: prodmyt@rambler.ru)

N.E. Starikov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Tula State University (e-mail: starikov_tai@mail.ru)

E.V. Ageev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: ageev_ev@mail.ru)

A.N. Sergeev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University (Tula) (e-mail: ansergieev@mail.ru)

D.V. Maliy, Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University (Tula) (e-mail: maliydmiriy@yandex.ru)

ANALYSIS OF A TRIBOTECHNICAL COUPLE OF A PERISTALTIC PUMP OPERATING ELEMENT

Dependable operation of pumps is mostly determined by the wear resistance of two elements of the operating element – a flexible hose and a shoe.

The objective of this research was to analyze different friction couples used in the operating element of peristaltic pumps. Testing was carried out using a modified friction test machine. Values of friction factor for the couples under study, wear and roughness of their surfaces, and medium temperature were obtained. The comparative analysis of the obtained data was carried out.

To evaluate tribotechnical properties of material couples proposed to be used in the operating element of a pump, tests using modified friction machine SMTs-2 were carried out. The friction machine was equipped with an analog-digital converter allowing registration of friction moment values and temperature in a digitized form.

The tests were performed according to the scheme "test member-roller" with roller dipping into the bath with distilled glycerin PK-94, used as a cooling-lubricating fluid in flexible hose pump units.

Rollers- counter samples were made of materials intended for shoe fabrication: steel 45, deformable aluminum D16 and AB85, and anti-friction silumin AS. Test member-sample was cut out directly from the pump hose in the form of a lengthwise segment. Pump hose materials are synthetic rubbers SRI and SRB.

It is highlighted that from the perspective of less friction and heating loss which is critical for efficient operation of peristaltic pump units, steel 45 can be recommended for fabrication of shoes running together with artificial rubber hoses. It also should be noted that while fabricating such shoes it is advisable to obtain roughness of the working face similar to the roughness obtained during testing since this can reduce early hose damage during operating element break-in process.

Key words: peristaltic pump, anti-friction materials, friction, wear.

References

1. Agregat jelektronasosnyj peristal'ticheskiy (shlangovyy) NP25: rukovodstvo po jekspluatacii. – SPb., 2014. – 34 s.

2. GOST R 51860-2002. Obespechenie iznosostojkosti izdelij. Ocenka protivoznosnyh svojstv smazochnyh materialov metodom «shar – cilindr». – M.: Gosstandart Rossii, 2006. – 8 s.

3. Kombalov V. S. Metody i sredstva ispytaniy na trenie i iznos konstrukcionnyh i smazochnyh materialov: spravochnik. – M.: Mashinostroenie, 2008. – 384 s.

4. Postanovka zadachi rascheta deformacionnoj povrezhdaemosti metallov i splavov/A.E. Gvozdev, G.M. Zhuravlev, N.N. Sergeev, V.I. Zolotuhin, D.A. Provotorov// Proizvodstvo prokata. – 2015. – №10. – S. 18-26.

5. Vlijanie deformacionnoj povrezhdaemosti na formirovanie mehanicheskikh svojstv malouglerodistykh stalej / G.M. Zhuravlev, A.E. Gvozdev, N.N. Sergeev, D.A. Provotorov// Proizvodstvo prokata. – 2015. – №12. – S. 3-14.

6. Makarov Je.S., Gvozdev A.E., Zhuravlev G.M. Teorija plastichnosti di-

latirujushhih sred: monografija / pod red. prof. A.E. Gvozdeva. – 2-e izd., pererab. i dop. – Tula: Izd-vo TulGu, 2015. – 337 s.

7. Gvozdev A.E., Zhuravlev G.M., Kolmakov A.G. Formirovanie mehanicheskikh svojstv uglerodistykh stalej v processah vytjazhki s utoneniem // Tehnologija metallov. – 2015. – №11. – S. 17-31.

8. Sopryazhennye polja v uprugih, plasticheskikh, sypuchih sredah i metallicheskih trudnodeformiruemykh sistemah: monografija / Je.S. Makarov, V.Je. Ul'chenkova, A.E. Gvozdev, N.N. Sergeev, A.N. Sergeev: pod red. prof. A.E. Gvozdeva. – Tula: Izd-vo TulGU, 2016. – 526 s.

9. Ocenka tribotekhnicheskikh svojstv kompozicionnyh pokrytij na osnove poligeteroarilena «PM-DADFJe» s napolnitelem iz nanochastic diselenida vol'frama pri trenii v srede smazochnogo masla / A.D. Breki, Ju.A. Fadin, A.L. Didenko, V.V. Kudrjavcev, E.S. Vasil'eva, O.V. Tolochko, A.E. Gvozdev, E.V. Ageev, D.A. Provotorov, N.E. Starikov, A.N. Sergeev, D.V. Malij // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2015. – № 6 (63). – S. 60–65.