

ISSN 0202-4977

ТРЕНИЕ
И **И**ЗНОС

FRICTION
and **W**EAR

TOM
VOL. **40**

1

2019

Международный научный журнал “ТРЕНИЕ И ИЗНОС”

Главный редактор: **А. Я. Григорьев** (Беларусь)
Заместители главного редактора: **И. Г. Горячева** (Россия), **Н. К. Мышкин** (Беларусь), **А. И. Свириденко** (Беларусь)
Ответственный секретарь: **И. Н. Ковалева** (Беларусь)

Редакционная коллегия:

А. В. Белый (Беларусь), **Ф. М. Бородич** (Великобритания), **М. А. Броневец** (Россия), **Б. Бушан** (США),
И. А. Буяновский (Россия), **Веймин Лю** (КНР), **П. А. Витязь** (Беларусь), **И. И. Гарбар** (Израиль),
Н. Ф. Дмитриченко (Украина), **С. Ф. Ермаков** (Беларусь), **С. М. Захаров** (Россия), **А. Ф. Ильюшенко** (Беларусь),
В. И. Колесников (Россия), **А. П. Краснов** (Россия), **Э. Кюлли** (Италия), **А. Мэтьюз** (Великобритания),
Ю. Падгурскас (Литва), **Г. Стаховяк** (Австралия), **С. А. Чижик** (Беларусь), **Ф. Франек** (Австрия),
К. Фридрих (Германия), **К. Холмберг** (Финляндия), **М. Щерек** (Польша), **А. Эрдемир** (США)

Редакционный совет:

В. Н. Адериха (Беларусь), **Н. Антонеску** (Румыния), **В. Н. Анциферов** (Россия), **В. Ф. Безъязычный** (Россия),
А. В. Белецкий (Беларусь), **П. Н. Богданович** (Беларусь), **А. Н. Болотов** (Россия), **А. И. Буря** (Украина),
М. В. Голуб (Беларусь), **А. Х. Джанахмедов** (Азербайджан), **А. А. Евтушенко** (Польша), **Б. Ивкович** (Сербия),
В. В. Клубович (Беларусь), **А. В. Колубаев** (Россия), **Ю. М. Лужнов** (Россия), **Ю. К. Машков** (Россия),
В. В. Мешков (Россия), **Ф. И. Пантелеенко** (Беларусь), **Ю. М. Плескачевский** (Беларусь),
Л. И. Погодаев (Россия), **А. П. Семенов** (Россия), **В. А. Смугугов** (Беларусь), **И. А. Солдатенков** (Россия),
Г. М. Сорокин (Россия), **В. Е. Старжинский** (Беларусь), **А. Г. Суслов** (Россия), **Я. Суханек** (Чехия),
О. В. Холодилев (Беларусь), **А. С. Чаус** (Словакия), **С. Г. Чулкин** (Россия).

Адрес редакции:

Беларусь, 246050, г. Гомель, ул. Кирова, 32-а
телефон: +375 (232) 34-06-36, факс: +375 (232) 34-17-11
e-mail: mpri@tut.by, fwj@tut.by
<http://mpri.org.by/izdaniya/trenie-i-iznos/>

International Scientific Journal of Friction and Wear

Editor-in-Chief: **A. Ya. Grigoriev** (Belarus)
Deputy Editors-in-Chief: **I. G. Goryacheva** (Russia), **N. K. Myshkin** (Belarus), **A. I. Sviridenok** (Belarus)
Executive Secretary: **I. N. Kavaliova** (Belarus)

Editorial board:

A.V. Belyi (Belarus), **B. Bhushan** (USA), **F. M. Borodich** (Great Britain), **M. A. Bronovets** (Russia),
S. A. Chizhik (Belarus), **E. Cully** (Italy), **I. A. Buynovskii** (Russia), **N. F. Dmitrichenko** (Ukraine), **A. Erdemir** (USA),
S. F. Ermakov (Belarus), **F. Franek** (Austria), **K. Friedrich** (Germany), **I. Garbar** (Israel), **K. Holmberg** (Finland),
A. Ph. Ilyushenko (Belarus), **V. I. Kolesnikov** (Russia), **A. P. Krasnov** (Russia), **Veimin Liu** (China),
A. Matthews (Great Britain), **J. Padgurskas** (Lithuania), **G. Stachowiak** (Australia), **M. Szczerek** (Poland),
P. A. Vityaz (Belarus), **S. M. Zakharov** (Russia)

Editorial advisory board:

V. N. Aderikha (Belarus), **N. Antonescu** (Romania), **V. N. Antsiferov** (Russia), **A. V. Beletskii** (Belarus),
V. F. Bezъязыchnyi (Russia), **P. N. Bogdanovich** (Belarus), **A. N. Bolotov** (Russia), **A. I. Burya** (Ukraine),
A. S. Chaus (Slovakia), **S. G. Chulkin** (Russia), **A. A. Evtushenko** (Poland), **M. V. Golub** (Belarus),
B. Ivkovich (Serbia), **A. Kh. Janahmadov** (Azerbaijan), **O. V. Kholodilov** (Belarus), **V. V. Klubovich** (Belarus),
A. V. Kolubaev (Russia), **Yu. M. Luzhnov** (Russia), **Yu. K. Mashkov** (Russia), **V. V. Meshkov** (Russia),
F. I. Panteleenko (Belarus), **Yu. M. Pleskachevsky** (Belarus), **L. I. Pogodaev** (Russia), **A. P. Semenov** (Russia),
V. A. Smurugov (Belarus), **I. A. Soldatenkov** (Russia), **G. M. Sorokin** (Russia), **V. E. Starzhinskii** (Belarus),
Ya. Sukhanek (Czechia), **A. G. Suslov** (Russia)

Editorial board address:

Republic of Belarus, 246050, Gomel, Kirov Str., 32-a
tel.: +375 (232) 34-06-36, fax: +375 (232) 34-17-11
e-mail: mpri@tut.by, fwj@tut.by
<http://en.mpri.org.by/publications/journal-of-friction-and-wear/>

ТРЕНИЕ И ИЗНОС

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Издается с января 1980 г.

Выходит один раз в два месяца, один том в год

ГОМЕЛЬ • ИММС НАН БЕЛАРУСИ • 2019, ТОМ 40, № 1

СОДЕРЖАНИЕ

Степанкин И. Н., Поздняков Е. П., Куис Д. В. Контактное изнашивание полутеплостойких штамповых сталей X12M и X12MФ с поверхностно-модифицированным слоем	5
Колесников В. И., Ермаков С. Ф., Колесников И. В., Сычев А. П., Шершнев Е. Б. Об экранирующем действии этаноламинов и холестерических жидкокристаллических наноматериалов при фрикционном взаимодействии металлов в пластичных смазках	12
Гракович П. Н., Шелестова В. А., Шумская В. Ю., Шилько И. С., Гуцев Д. М., Башлакова А. Л., Целуев М. Ю. Влияние типа углеволокнистого наполнителя на физико-механические и триботехнические свойства фторопластовых композитов	18
Краснов А. П., Горошков М. В., Шапошникова В. В., Салазкин С. Н., Аскадский А. А., Наумкин А. В., Маслаков К. А., Сорокин А. Е. Кардовые сополимеры: зависимость трения от химического строения	25
Борисова Р. В., Никифоров Л. А., Спиридонов А. М., Охлопкова Т. А., Охлопкова А. А., Корякина Н. С. Влияние бромированного СВМПЭ на триботехнические характеристики и особенности изнашивания полимерных нанокомпозитов на основе СВМПЭ и наночастиц	36
Горячева И. Г., Торская Е. В. Моделирование накопления контактно-усталостных повреждений в условиях трения качения при наличии остаточных напряжений	44
Ляшенко Я. А., Попов В. Л. Переход между режимами адгезии и трения скольжения в контакте аксиально симметричных тел	52
Балякин В. Б., Лаврин А. В., Оссиала В. Б. А. Методика определения момента трения в торцевом мембранном контактном уплотнении	62
Мусалимов В. М., Нуждин К. А. Моделирование внешней динамики фрикционного взаимодействия с применением теории устойчивости упругих систем	68

Рачишкин А. А., Сутягин О. В., Болотов А. Н., Измайлов В. В. Исследование термического сопротивления шероховатых стыков вычислительным экспериментом.....	77
Непершин Р. И. Пластическое деформирование шероховатой поверхности при качении жесткого цилиндра.....	85
Керопян А. М., Горбатюк С. М., Бибииков П. Я., Бардовский А. Д. Влияние шероховатости рабочих поверхностей системы колесо — рельс карьерных локомотивов на реализуемый коэффициент сцепления.....	95
Богуслаев В. А., Грешта В. Л., Ткач Д. В., Кубич В. И., Сотников Е. Г., Леховицер З. В., Климов А. В. Триботехнические характеристики уплотнительных теплозащитных покрытий при критических нагрузках.....	103
Лагунова Е. О., Мукутадзе М. А. Расчет радиального подшипника скольжения с легкоплавким покрытием.....	112
Памфилов Е. А., Шевелева Е. В., Пилюшина Г. А. Антифрикционные армированные древесно-металлические материалы	121
Катинас Э., Янкаускас В., Казак Н., Михайлов В. Повышение абразивной износостойкости стали Hardox 400 электроискровым легированием поверхности.....	128
КАЛЕНДАРЬ КОНФЕРЕНЦИЙ	136

Подписано в печать 12.11.2018. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Напечатано на ризографе. Усл. печ. л. 13,5. Тираж 120 экз. Заказ № 1-19

ИММС НАН Беларуси, 246050, г. Гомель, ул. Кирова, 32-а. Регистрация № 1/244 от 25.03.14.

© ИММС НАН Беларуси

© Редакторы-составители: Григорьев А. Я., Мышкин Н. К., Ковалёва И. Н., 2018

FRICITION AND WEAR

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL

Published since January 1980

Released bimonthly, one volume a year

GOMEL • MPRI NAS OF BELARUS • 2019, VOLUME 40, N 1

CONTENTS

Stepankin I. N., Pazdniakou E. P., and Kuis D. V. Contact Wear of Semi-Heatproof Tool Steels X12M И X12MΦ with Modified Surface Layer.....	5
Kolesnikov V. I., Ermakov S. F., Kolesnikov I. V., Sychev A. P., and Shershnev E. B. On the Shielding Effect of Ethanolamines and Cholesteric Liquid-Crystal Nanomaterials at Friction of Metals in Greases.....	12
Grakovich P. N., Shelestova V. A., Shumskaja V. Ju., Shylko I. S., Gucev D. M., Bashlakova A. L., and Celuev M. Ju. Influence of the Type of Carbon Fiber Filler on the Physical-Mechanical and Tribological Properties of the PTFE Composites.....	18
Krasnov A. P., Goroshkov M. V., Shaposhnikova V. V., Salazkin S. N., Askadskiy A. A., Naumkin A. V., Maslakov K. A., and Sorokin A. E. Carded Copolymers: The Dependence of Friction on Chemical Structure.....	25
Borisova R. V., Nikiforov L. A., Spiridonov A. M., Okhlopkova T. A., Okhlopkova A. A., and Koryakina N. S. Brominated UHMWPE Influence on Tribological Characteristics and Wearing Features of Polymeric Nanocomposites Based on UHMWPE and Nanoparticles.....	36
Goryacheva I. G. and Torskaya E. V. Modeling of Contact Fatigue Damage Accumulation in Material with Residual Stresses during Rolling Friction.....	44
Lyashenko I. A. and Popov V. L. Transition between Regimes of Adhesion and Sliding Friction in Contacts of Axially Symmetric Bodies.....	52
Balyakin V. B., Lavrin V. B., and Ossiala V. B. A. The Method of Determination of the Friction Torque in Membrane Contact Mechanical Seals.....	62
Musalimov V. M. and Nuzhdin K. A. Modeling of External Dynamics of Friction Interaction with the Application of a Theory of Elastic Systems Stability.....	68
Rachishkin A. A., Sutyagin O. V., Izmailov V. V., and Bolotov A. N. Research of Rough-Surfaced Junctions Thermal Resistance Based on Computer Simulation.....	77
Nepershin R. I. Plastic Deformation of Rough Surface by a Rolling Rigid Cylinder.....	85

Keropyan A. M., Gorbatyuk S. M., Bibikov P. Y., and Bardovski A. D. Influence of Roughness of the Working Surfaces on the Coefficient of Cohesion of the Wheel — Rail System of Mining Locomotives	95
Boguslaev V. A., Gresha V. L., Tkach D. V., Kubich V. I., Sotnikov E. G., Lakhovits Z. V., and Klimov A. V. Evaluation of Tribotechnical Characteristics of Sealing Heat Protective Coatings under Critical Loads	103
Lagunova E. O. and Mukutadze M. A. The Calculation of the Radial Sliding Bearing with a Fusible Coating.....	112
Pamfilov E. A., Sheveleva E. V., and Pilyushina G. A. Reinforced Antifriction Wood-Metal Materials.....	121
Katinas E., Jankauskas V., Kazak N., and Michailov V. Increasing of Abrasive Wear Resistance of Hardox 400 Steel by Electro Spark Deposition Coating	128
CONFERENCE CALENDAR.....	136

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ И ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ

Статьи, направляемые в редакцию журнала "Трение и износ", должны удовлетворять следующим требованиям.

1. Материал статьи должен соответствовать профилю журнала и излагаться предельно ясно, а также соответствовать паспорту специальности 05.02.04 «Трение и износ в машинах» ВАК Беларуси и России.

2. Статья должна быть написана на русском языке, тщательно отредактирована и представлена в двух экземплярах, распечатанных на белой бумаге формата А4 с пронумерованными страницами. К работе в обязательном порядке прилагается экспертное заключение организации (разрешение на опубликование в открытой печати). Одновременно электронный вариант статьи представляется на CD (для почтовой пересылки), либо по электронной почте в формате текстового редактора Word for Windows, шрифт 12 п., интервал 1,5.

3. В левом верхнем углу первой страницы статьи должен стоять индекс УДК, ниже располагаются название статьи, напечатанное прописными буквами, инициалы и фамилия автора (авторов), полный адрес организации, в которой он работает, указывается автор, с которым следует вести переписку и его электронный адрес. Далее следует на русском языке текст статьи, который строится по следующему плану:

- реферат статьи, объем до 5 предложений, отражающих суть работы и дающих представление о предмете исследования и полученных результатах
- ключевые слова, до 10 слов
- введение, объем до 1 стр., где отражается актуальность и новизна работы
- цель работы, объем 1-2 предложения
- материалы и инструменты, объем до 1 стр., где описываются объекты исследования, методы и приборы, используемые при исследованиях.
- обсуждение результатов, объем до 5 стр., не более 5 рисунков, не более 3 таблиц.
- выводы, объем до 1 стр., где отражается не только краткое изложение сущности полученных новых результатов, но дается сравнительная оценка их научной и практической значимости.
- обозначения, приводятся все буквенные и аббревиатурные обозначения и сокращения
- список литературы, не более 10 источников, допускается самоцитирование не более 20 % от общего числа источников
- перевод на английский язык названия, ФИО авторов, реферата и ключевых слов. Не допускается использование электронных переводчиков.

Статья может содержать и другие разделы, например: «Постановка задачи», «Методы испытаний», «Математическое моделирование» и др.

4. Рисунки и графики предоставляются как в полном тексте работы, так и в электронном виде в виде отдельных файлов (формат tif, png, bmp, jpg, pcd, msp, dib, cdr, cgm, eps, wmf) с разрешением не менее 600 dpi. Формулы оформляются с помощью редактора формул текстового редактора Word.

5. Таблицы располагаются непосредственно в тексте статьи. Каждая таблица должна иметь заголовок. В таблицах обязательно указываются единицы измерения величин. В тексте рукописи на полях указывается место для рисунков и таблиц. Повторение одних и тех же данных в тексте, таблицах и рисунках недопустимо. К статье прилагается список подрисованных подписей.

6. Обозначения, принятые в статье, расшифровываются непосредственно в тексте, и, кроме того, должны быть вынесены в раздел «Обозначения».

7. При упоминании иностранных фамилий в тексте необходимо давать их на языке оригинала в скобках после русского написания (за исключением общеизвестных фамилий, встречающихся в энциклопедии, и фамилий, на которые даются ссылки в списке литературы). При упоминании иностранных учреждений, фирм, фирменных продуктов и т. д. в русской транслитерации в скобках должно быть дано их оригинальное написание.

8. Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ). Не следует употреблять сокращенных слов, кроме общепринятых (т. е., и т. д., и т. п.).

9. Литература должна быть приведена в конце статьи в виде списка на отдельной странице и содержать полные библиографические данные. Ссылки даются в оригинальной транслитерации. Список литературы должен быть составлен в порядке упоминания ссылок в тексте. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

10. Статья должна быть подписана всеми авторами. Авторам необходимо на отдельной странице сообщить о себе следующие сведения: фамилия, имя, отчество, почтовый индекс и точный адрес для переписки, место работы и занимаемая должность, ученая степень, специалистом в какой области является автор, а также номера телефонов (домашний, служебный), факсимильной связи и адрес электронной почты.

11. **Порядок рецензирования.** Поступившие в редакцию рукописи рецензируются докторами или кандидатами наук, назначаемыми редакционной коллегией, являющимися специалистами в той области, к которой относится рукопись. Все работы проходят процедуру проверки на оригинальность и плагиат. Индекс оригинальности должен составлять не менее 75%. Редакционная коллегия привлекает к рецензированию статей как членов редколлегии и редсовета, так и специалистов из ведущих НИИ и ВУЗов Беларуси, России, и дальнего зарубежья. Срок рецензирования составляет 2-3 месяца. В случае отклонения статьи редакция сообщает автору решение редколлегии и заключение рецензента.

Решение о доработке статьи не означает, что она принята к печати. После доработки статья вновь рассматривается рецензентом и редакционной коллегией. Автор отклоненной статьи имеет право обратиться к редколлегии с просьбой повторно рассмотреть вопрос о возможности опубликования статьи, приведя обоснованные доводы.

12. Редакция оставляет за собой право производить редакционные изменения и сокращения, не искажающие основное содержание статьи.

13. После утверждения статьи в номер авторам высылаются корректура и авторский договор. После опубликования статьи редакция высылает оттиски по адресу, указанному для переписки.

14. Статьи, не отвечающие перечисленным требованиям, к рассмотрению не принимаются и не возвращаются авторам. Датой поступления рукописи считается день получения редакцией окончательного текста.

15. Всю корреспонденцию следует направлять простыми письмами. Ценные письма (бандероли) не принимаются. Почтовый адрес для корреспонденции: Беларусь, 246050, г. Гомель, ул. Кирова, 32а, Редакция журнала «Трение и износ»

16. Электронные варианты работы необходимо направлять на mpri@tut.by или FWJ@tut.by.

75014
750142

Международный научный журнал «ТРЕНИЕ И ИЗНОС»

Журнал "Трение и износ" — наиболее полный в странах СНГ источник информации о состоянии научных исследований в области трения, изнашивания, смазки и их практических приложений.

В журнале освещаются результаты исследований по следующим разделам: теория трения и изнашивания; физико-химические процессы при трении; механика контактного взаимодействия; теория смазочного действия и разработка смазочных материалов и присадок к ним; трение и изнашивание в коррозионно-активных средах, вакууме, при радиационном облучении, высоких давлениях, скоростях и температурах, в искусственных органах биологических объектов и т. д.; расчет и конструирование фрикционных сопряжений; моделирование и оптимизация процессов трения и изнашивания; методы и приборы для оценки триботехнических характеристик; основы фрикционного материаловедения; технологические методы управления износостойкостью машин; экономические аспекты проблемы износостойкости в промышленности и других отраслях.

Журнал содержит информацию о важнейших событиях научной жизни в области трибологии в странах СНГ и за рубежом; библиографические обзоры и рецензии на новые книги; сведения о новых эффективных решениях в области снижения потерь на трение и изнашивание и повышения износостойкости машин.

Журнал рассчитан на широкие круги работников научно-исследовательских учреждений, высших учебных заведений, конструкторских и проектных организаций, заводских лабораторий.

Журнал публикует рекламу оборудования, приборов, технологий, новых материалов, методов испытаний и пакетов прикладных программ для решения широкого круга задач, связанных с повышением надежности и долговечности машин и механизмов.

Полнотекстовая электронная версия журнала размещена в базе данных Российской универсальной научной электронной библиотеки (<http://www.elibrary.ru>).

Журнал "Трение и износ" с 1980 г. издается на английском языке в твердой копии в США фирмой "Allerton Press, Inc.". Начиная с 2007 г. англоязычная версия журнала "Трение и износ" выпускается новым издателем — компанией Pleiades Publishing, которая обеспечивает одновременный выход с русской версией английского варианта под названием "**Journal of Friction and Wear**", публикацию английского варианта в электронном формате с использованием современных мировых стандартов, распространение материалов с помощью одной из крупнейших коммерческих баз данных, содержащих научную литературу, — <http://www.springerlink.com>, а также индексирование и цитирование в Academic OneFile, EI-Compendex, Expanded Academic, Google Scholar, INSPEC, Journal Citation Reports/Science Edition, OCLC, SCImago, SCOPUS, Science Citation Index Expanded (SciSearch), Summon by Serial Solutions.

Журнал выходит один раз в два месяца на русском языке с резюме на английском языке. Подписаться на журнал "Трение и износ" можно в местных отделениях связи. Журнал включен в каталоги периодической печати Беларуси и России. Индекс журнала: **75014** (для индивидуальных подписчиков), **750142** (для организаций). По вопросу подписки следует обращаться по адресу:

Беларусь, 246050, г. Гомель, ул. Кирова, 32а.

Тел: +375 (232) 34-06-36; факс: +375 (232) 34-17-11; e-mail: mpri@tut.by, FWJ@tut.by

В редакции также можно приобрести номера журналов прошлых лет.
Журнал включен в действующие перечни ВАК Республики Беларусь и Российской Федерации для опубликования результатов диссертационных исследований. Он представлен в проекте "Российский индекс научного цитирования" (импакт-фактор РИНЦ за 2017 г. составляет 1,114) и в базе данных Scopus (impact factor за 2016 г. составляет 0,514)