

ISSN 0202-4977

ТРЕНИЕ
И **И**ЗНОС

FRICTION
and **W**EAR

TOM
VOL. 41

6

2020

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. Броновец (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),
С. С. Негматов (Узбекистан), 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), 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),
И. А. Солдатенков (Россия), Г. М. Сорокин (Россия), А. Г. Суслов (Россия), Я. Суханек (Чехия),
О. В. Холодилов (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. Il'yshenko (Belarus), V. I. Kolesnikov (Russia), A. P. Krasnov (Russia), Veimin Liu (China),
A. Matthews (Great Britain), S. S. Negmatov (Uzbekistan), J. Padgurskas (Lithuania), G. Stachowiak (Australia),
M. Scherek (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. Bezyazychnyi (Russia), P. N. Bogdanovich (Belarus), A. N. Bolotov (Russia), 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), I. A. Soldatenkov (Russia),
G. M. Sorokin (Russia), 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/>

От главного редактора

Уважаемые коллеги, авторы-писатели и читатели журнала “Трение и износ”!

В феврале 1980 года вышел в свет первый номер Всесоюзного журнала “Трение и износ”. За 40 лет своего существования он стал известным международным изданием, объединяющим в единое информационное пространство результаты исследований специалистов трибологов — сначала СССР, а теперь всего СНГ и ряда стран ближнего и дальнего зарубежья.

С начала своего издания в журнале напечатано множество статей из нескольких сотен организаций бывшего СССР, которые до сих пор связаны между собой через научные школы, совместные проекты, межгосударственные программы, производственные связи и другие формы сотрудничества. Большое количество академических учреждений, ВУЗов и НИИ стран СНГ формируют широкую авторскую и читательскую аудиторию специалистов, работающих на платформах близких по взглядам научных школ. Это позволяет достаточно детально представлять если не альтернативный, то оригинальный путь развития науки о трении и актуальных путей решения практических задач в странах бывшего СССР. И это, судя по наукометрическим данным, вызывает интерес как у русскоязычных читателей, так и по всему миру.

Со своего первого номера журнал переводится на английский язык и сегодня он внесён во все профильные научные базы данных. Его индекс Хирша составляет 15, пятилетний импакт фактор достиг 0,686 (переводная версия) и 1,212 (РИНЦ). Но, самое главное, а библиометрические факторы это подтверждают, журнал остаётся интегрирующим центром и профильным изданием, включенным в действующие перечни научных изданий ВАК Республики Беларусь и Российской Федерации для опубликования результатов научных исследований по специальности 05.02.04 — “Трение и износ в машинах”.

Всего за период с 1980 по 2020 год в журнале было опубликовано более 3200 работ, в которых освещаются результаты исследований, проводимых в России (около 50 % статей), Беларуси (20 %), Украины (15 %), в дальнем и ближнем зарубежье (15 %). Журнал является важным фактором международного сотрудничества трибологов, поскольку это уникальное двуязычное издание, объединяет учёных и инженеров большей части современного мира, а в редколлегию журнала входят учёные из 15 стран — Беларуси, России, Украины, Узбекистана, Литвы, Польши, Австрии, Германии, Великобритании, Италии, Австралии, Финляндии, Израиля, США, КНР.

В Беларуси одной из ведущих организацией в области трибологии является ИММС НАН Беларуси, где на протяжении всей своей 40-летней истории и издаётся журнал “Трение и износ”. В институте функционирует докторский Совет по специальности 05.02.04 “Трение и износ в машинах” и проводится традиционная международная конференции “ПоликомТриб”. В 2019 года совместно с китайскими учёными была проведена первая конференция — “Трибология шёлкового пути”, собравшая специалистов из 17 стран.

Перешагнув сорокалетний рубеж международный журнал “Трение и износ” сегодня представляет собой платформу для публикации результатов исследований учёных различных стран, школ и научных направлений, играет важную роль в развитии трибологии. И поскольку сложность возникающих перед трибологами задач в наше время стремительного развития технологий только возрастает можно с оптимизмом смотреть в будущее журнала.

А. Я. Григорьев

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 • 2020, ТОМ 41, № 6

СОДЕРЖАНИЕ

Бухаров С. Н., Ильюшенко А. Ф., Лешок А. В., Меринов В. К., Роговой А. Н., Сергиенко В. П. Трибоакустические характеристики порошковых фрикционных композитов на основе меди для работы в условиях сухого и граничного трения.....	659
Буяновский И. А., Татур И. Р., Самусенко В. Д., Соленов В. С. Влияние антифрикционных твёрдых добавок на температурную стойкость бентонитовых смазок	665
Измайлов В. В., Новоселова М. В. Влияние температуры и температурной предыстории на фрикционные характеристики металлической пары трения.....	671
Горячева И. Г., Горячев А. П. Расчет фрикционных характеристик штампа при скольжении по волнистому вязкоупругому основанию.....	677
Евтушенко А., Куцей М. Расчет фрикционных характеристик дискового тормоза при повторно-кратковременном режиме торможения	687
Майба И. А., Глазунов Д. В. Оптимизация триботехнических характеристик модификаторов трения пары “колесо — рельс”	698
Войтов В. А., Кравцов А. Г., Цымбал Б. М. Оценка триботехнических характеристик трибосистем при наличии фуллеренов в смазочном материале	704
Браженко В. Н., Мочалин Е. В., Цай Цзянь-Чэн. Влияние механических примесей в рабочей жидкости на износ и заедание золотниковых пар гидроприводов авиационной техники	711
Кохановский В. А., Глазунов Д. В. Смазочный материал для ротапиринтной смазки системы “колесо—рельс”	717
Охлупин Д. Н., Королев А. В., Синев И. В. Механизм дискретного трения металлического инструмента с поликристаллическим алмазным покрытием деталей	725
Бурков А. А. Улучшение износостойкости сплава Ti6Al4V электроискровыми покрытиями из карбида гафния	731

Сидашов А. В., Козаков А. Т., Колесников В. И., Мантуров Д. С., Ярьско С. И. Особенности модификации поверхности инструментальных сталей лазерным излучением.....	738
Пинахин И. А., Шагров М. Н., Ягмуров М. А., Врублевская С. С., Даржания А. Ю., Шпак М. А. Повышение износостойкости однокарбидных твердых сплавов после объемного импульсного лазерного упрочнения.....	745
Колубаев А. В., Сизова О. В., Терюкалова Н. В., Денисова Ю. А. Изнашивание закаленного и состаренного сплава Си–Ве в условиях токосъема.....	752
Прожега М. В., Решиков Е. О., Ширшов А. Д., Яковенко Н. Г. Фрикционные свойства полимеров для 3D-печати при трении в вакууме.....	760
Охлопкова А. А., Васильев А. П., Стручкова Т. С., Алексеев А. Г., Гракович П. Н. Влияние углеродных волокон и бентонита на триботехнические характеристики ПТФЭ.....	768
Козлов Г. В., Долбин И. В. Прогнозирование трибологических показателей для полимерных наноккомпозитов.....	776
Грядунов С. С., Сиваков В. В. Повышение долговечности подающих вальцов лесопильного оборудования.....	782
ЛЮДИ НАУКИ	
Золотая медаль по трибологии за 2019 год присуждена профессору Жан Мишелю Мартену из Центральной Школы Лиона.....	790
ХРОНИКА НАУЧНОЙ ЖИЗНИ	
Содержание тома 41 (январь–декабрь 2020 г.)	791
Авторский указатель	796

Подписано в печать 07.09.2020. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Напечатано на ризографе. Усл. печ. л. 16,7. Тираж 120 экз. Заказ № 12-20

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., 2020

FRICITION AND WEAR

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL

Published since January 1980

Released bimonthly, one volume a year

GOMEL • MPRI NAS OF BELARUS • 2020, VOLUME 41, N 6

CONTENTS

Bukharov S. N., Ilyushchenko A. Ph., Leshok A. V., Merinov V. K., Rogovoy A. N., and Sergienko V. P. Triboacoustic Characteristics of Powder Frictional Composites Based on Copper for Operation in Conditions of Dry and Boundary Friction	659
Buyanovskii I. A., Tatur I. R., Samusenko V. D., and Solenov V. S. Effect of Antifriction Solid Additives on the Temperature Stability of Bentonite Greases	665
Izmailov Vladimir V. and Novoselova Marina V. Influence of Temperature and Temperature Prehistory on Frictional Characteristics of Metal Friction Pair	671
Goryacheva Irina Georgievna and Goryachev Aleksandr Petrovich. Friction Characteristics Calculation in Sliding Contact of the Cylinder (Punch) over the Wavy Viscoelastic Base.....	677
Yevtushenko A. and Kuciej M. Calculation of Friction Characteristics of the Disc Brake at a Repetitive Short-Term Mode of Braking	687
Mayba I. A. and Glazunov D. V. Optimization of Tribotechnical Characteristics of Wheel-Rail Friction Modifiers.....	698
Vojtov V. A., Kravcov A. G., and Tsymbal B. M. Evaluation of Tribotechnical Characteristics of Tribosystems in the Presence of Fullerenes in the Lubricant.....	704
Brazhenko V., Mochalin I., and Cai Jian-Cheng. Influence of Mechanical Admixtures in the Working Fluid on Wear and Seizure of Spool Pairs of Aircraft Hydraulic Drives.....	711
Kokhanovsky V. A. and Glazunov D. V. Lubricant for Rotaprint Lubrication of the “Wheel—Rail” System	717
Okhlupin D. N., Korolev A. V., and Sinev I. V. Discrete Friction Mechanism of a Metal Tool with Polycrystalline Diamond-Coated Parts	725
Burkov A. A. Improving the Wear Resistance of Ti6Al4V Alloy Electric Spark Coatings of Hafnium Carbide	731
Sidashov A. V., Kozakov A.T, Kolesnikov V. I., Manturov D. S., and Yaresko S. I. Features of Surface Modification of Tool Steels by Laser Radiation	738

Pinahin I. A., Shagrov M. N., Yagmurov M. A., Vrublevskaya S. S., Darzhaniya A. Yu., and Shpack M. A. Increasing the Wear Resistance of Single Carbide Hard Alloys after Volume Pulse Laser Hardening.....	745
Kolubaev A. V., Sizova O. V., Teryukalova N. V., and Denisova Yu. A. Wear of Quenched and Aged Cu–Be Alloy under Current Collection Conditions	752
Prozhega M. V., Reschikov E. O., Shirshov A. D., and Yakovenko N. G. 3D Printing Polymers Frictional Properties in Vacuum.....	760
Okhlopkova Aitalina A., Vasilev Andrey P., Struchkova Tatyana S., Alekseev Aleksey G., and Grakovich Petr N. Study of the Influence of Carbon Fibers and Bentonite on the Tribological Properties of PTFE	768
Kozlov G. V. and Dolbin I. V. The Prediction of Tribological Parameters for Polymer Nanocomposites	776
Gryadunov S. S. and Sivakov V. V. Increase of the Transport Rollers Durability of the Sawmill Equipment.....	782
PEOPLE OF SCIENCE	
Jean Michel Martin of Ecole Centrale de Lyon, France: The 2019 Tribology Gold Medal.....	790
CHRONICLE	
Contents of Volume 41 (January—December 2020)	791
Author Index of Volume 41, Nos. 1—6	796