

ISSN 0202-4977

**Т**РЕНИЕ  
И **И**ЗНОС

**F**RICTION  
and **W**EAR

TOM  
VOL. **41**

**4**  

---

**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/>

# 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, № 4

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Кузнецова Т. А., Лапицкая В. А., Вархолински Б., Гилевич А., Чижик С. А.</b> Оценка трения и изнашивания покрытий ZrN в условиях микроконтакта с использованием атомно-силовой микроскопии.....	399
<b>Дьячкова Л. Н.</b> Трибологические характеристики и особенности изнашивания порошковой оловянистой бронзы с добавкой ультрадисперсных оксидов.....	409
<b>Ермаков С. Ф., Шершнева Е. Б., Тимошенко А. В., Медведев П. В.</b> Триботехнические характеристики металлического сопряжения в смазочных материалах, содержащих соединения холестерина.....	415
<b>Голосов Д. А., Окс Е. М., Бурдовицин В. А., Нгуен Т. Д., Мельников С. Н., Завадский С. М., Поболь И. Л., Кананович Н. А., Тиан К., Лам Н. Н.</b> Влияние степени легирования алюминием на механические и триботехнические характеристики пленок нитрида титана-алюминия.....	420
<b>Панин С. В., Нгуен Дык Ань, Корниенко Л. А., Алексенко В. О., Буслович Д. Г., Шилько С. В.</b> Антифрикционные и механические свойства термопластичных углеродных композитов на основе полиэфирэфиркетона.....	427
<b>Прусиновский А., Качинский Р.</b> Исследование трибологических и прочностных свойств усиленных углеродными волокнами термопластичных композитов, полученных методом наплавки АБС.....	436
<b>Буковский П. О., Морозов А. В., Кириченко А. Н.</b> Влияние приработки на коэффициент трения углеродных композитных материалов авиационных тормозов.....	448
<b>Погрелок И. Н., Падгурскас Ю., Ткачук О. В., Лукьяненко А. Г., Труш В. С., Лаврысь С. М.</b> Влияние оксинитрирования на антифрикционные свойства титанового сплава ВТ6.....	457
<b>Шаповалов В. В., Мигаль Ю. Ф., Озябкин А. Л., Колесников И. В., Корниенко Р. А., Новиков Е. С., Фейзов Э. Э., Харламов П. В.</b> Металлоплакирование рабочих поверхностей трения пары “колесо — рельс”.....	464

<b>Носко А. Л., Тарасюк В. Е., Шарифуллин И. А., Сафронов Е. В.</b> Триботехническая и экологическая оценка фрикционных пар тормозных устройств подъемно-транспортных машин .....	475
<b>Задворнов В. Н., Балакина Е. В., Мищенко Н. А.</b> Прогнозирование износа протектора по жесткостным характеристикам шин.....	485
<b>Балякин В. Б., Жильников Е. П., Пилла К. К.</b> Методика расчета долговечности подшипников с учётом износа тел качения.....	491
<b>Воронин С. В., Стефанов В. А., Онопрейчук Д. В., Сафонюк И. Ю., Аношкина Н. Н.</b> Влияние концентрации и типа жидкокристаллической присадки на трибологические характеристики промышленных масел.....	498
<b>Золотов В. А., Бакунин В. Н.</b> Синергизм действия композиции беззольных тиосоединений как противоизносной присадки к смазочным маслам .....	506

---

Подписано в печать 05.05.2020. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Напечатано на ризографе. Усл. печ. л. 16. Тираж 90 экз. Заказ № 07-20

---

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 4

---

---

## CONTENTS

<b>Kuznetsova T., Lapitskaya V., Warcholinski B., Gilewicz A., and Chizhik S.</b> Friction and Wear of ZrN Coatings under Conditions of Microcontact Using Atomic-Force Microscopy.....	399
<b>Dyachkova L. N.</b> Tribological Characteristics and Features of Wearing of Powder Tin Bronze with the Addition of Ultrafine Oxides.....	409
<b>Ermakov S. F., Shershnev E. B., Timoshenko A. V., and Medvedev P. V.</b> Tribotechnical Characteristics of Metal Contact in Lubricants Containing Cholesterol Compounds .....	415
<b>Golosov D. A., Oks E. M., Burdovitsin V. A., Nguyen T. D., Melnikov S. N., Zavadski S. M., Pobol I. L., Kaganovich N. A., Xiubo Tian, and Lam N. N.</b> The Effect of the Degree of Aluminum Alloying on the Mechanical and Tribological Characteristics of Titanium-Aluminum Nitride Films .....	420
<b>Panin S. V., Nguyen Duc Anh, Kornienko L. A., Alexenko V. O., Buslovich D. G., and Shil'ko S. V.</b> Antifricition and Mechanical Properties of Thermoplastic Carbon Composites Based on Polyetheretherketone .....	427
<b>Prusinowski A. and Kaczyński R.</b> Investigation of Tribological and Strength Properties ABS/CF Fibrous Composites Formed in Fused Deposition Modelling.....	436
<b>Bukovskiy P. O., Morozov A. V., and Kirichenko A. N.</b> Influence of Running-In on the Friction Coefficient of C/C Composite Materials for Aircraft Brakes.....	448
<b>Pohrelyuk I. M., Padgurskas J., Tkachuk O. V., Luk'yanenko A. G., Trush V. S., and Lavrys S. M.</b> Influence of Oxynitriding on Antifricition Properties of BT6 Titanium Alloy .....	457
<b>Shapovalov V. V., Migal Yu. F., Ozyabkin A. L., Kolesnikov I. V., Kornienko R. A., Novikov E. S., Feyzov E. E., and Kharlamov P. V.</b> Metal-Plating of Friction Surfaces of the Pair "Wheel—Rail" .....	464
<b>Nosko A. L., Tarasiuk Wojciech, Sharifullin I. A., and Safronov E. V.</b> Tribotechnical and Ecological Evaluation of Friction Pairs of Brake Devices in Lifting and Transport Machines .....	475
<b>Zadvornov V. N., Balakina E. V., and Mishenkov N. A.</b> Protector Wear Forecasting by Tires Elastic Characteristics.....	485

<b>Balyakin V. B., Zhilnikov E. P., and Pilla K. K.</b> Method of Calculating the Fatigue Life of Bearings Taking into Account Wearing of Rolling Elements .....	491
<b>Voronin S. V., Stefanov V. A., Onopreichuk D. V., Safoniuk I. Yu., and Anoshkina N. N.</b> Influence of Concentration and Type of Liquid Crystal Additive on the Tribological Characteristics of Industrial Oils .....	498
<b>Zolotov V. A. and Bakunin V. N.</b> Synergism in Action of Composition Comprising Ash-less Sulfur-Containing Compounds as Antiwear Additive to Lubricants .....	506