

ТРЕНИЕ И СМАЗКА В МАШИНАХ И МЕХАНИЗМАХ

11 (ноябрь)

2015





Издается
с июля 2005 г.

ТРЕНИЕ И СМАЗКА В МАШИНАХ И МЕХАНИЗМАХ

11
ноябрь
2015

Выходит по инициативе и при содействии Российского национального комитета по трибологии, при поддержке Ассоциации инженеров-трибологов России (АИТ), Международного Союза научных и инженерных объединений (МСНИО), Российской (РИА) и Международной инженерных академий (МИА)

Журнал входит в перечень изданий, утвержденных ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней

Председатель редакционного совета
академик РАН и РИА
В.И. КОЛЕСНИКОВ

Заместитель председателя
академик МИА
Ю.М. ЛУЖНОВ

Редакционный совет:

МОСКВА

В.В. БАРДУШКИН, д.ф.-м.н.,
доц.
И.А. БУЯНОВСКИЙ, д.т.н.
Д.Н. ГАРКУНОВ, д.т.н., проф.
В.В. ГРИБ, д.т.н., проф.
С.М. ЗАХАРОВ, д.т.н.
В.Я. КЕРШЕНБАУМ, д.т.н.,
проф.

БРЯНСК

О.А. ГОРЛЕНКО, д.т.н., проф.
Е.А. ПАМФИЛОВ, д.т.н.

ИВАНОВО

В.А. ГОДЛЕВСКИЙ, д.т.н.,
проф.

КАЛИНИНГРАД

С.В. ФЕДОРОВ, д.т.н., проф.

КЕМЕРОВО

А.Н. КОРОТКОВ, д.т.н., проф.

НАЛЬЧИК

М.А. МАМХЕГОВ, д.т.н.

НОВОЧЕРКАССК

Д.В. МИНЬКОВ, к.т.н., доц.

РОСТОВ-НА-ДОНУ

А.А. РЫЖКИН, д.т.н., проф.

РЫБИНСК

В.Ф. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ, д.т.н.,
проф.

САМАРА

Д.Г. ГРОМАКОВСКИЙ, д.т.н.,
проф.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Л.И. ПОГОДАЕВ, д.т.н.,
проф.

СТАВРОПОЛЬ

Н.С. ПЕНКИН, д.т.н., проф.

ТОМСК

В.Е. ПАНИН, д.ф.-м.н., проф.,
акад. РАН
А.В. КОЛУБАЕВ, д.ф.-м.н.,
проф.
УФА
В.Ю. ШОЛОМ, д.т.н.

ХАБАРОВСК

А.Ю. КОНЬКОВ, к.т.н., доц.

БЕЛАРУСЬ

Н.К. МЫШКИН, д.т.н.,
акад. НАН Беларуси

МОЛДОВА

В.Ф. ГАЛОГАН, д.т.н.

УКРАИНА

С.А. КЛИМЕНКО, д.т.н.
И.А. ЛЮБИНИН, к.т.н.
В.В. ШЕВЕЛЯ, д.т.н.

ГЕРМАНИЯ

Г. ФЛЯЙШЕР, д.т.н.
А. ЖЕРВЕ, д.т.н.
Г. ТЕППЕР, д.т.н.

ПОЛЬША

Я. СЕНАТОРСКИЙ, д.т.н.,
проф.
М. ЩЕРЕК, д.т.н.
С. ПЫТКО, д.т.н.

Редакция:

И.М. ГЛИКМАН, Е.Д. МАКАРЕНКО

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-21137 от 19 мая 2005 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ И ДИАГНОСТИКА

Берент В.Я. Исследование сварки металлов и процессы, вызывающие схватывание при трении скольжения (часть 2) 3

Меделяев И.А. Влияние газосодержания и воды в смазочном материале на трение и изнашивание узлов трения в условиях смешанной смазки 12

Сычев А.П., Сычева М.А., Василькова Е.А., Белоцерковский М.А. Технологические особенности использования металлоконструкций с металлизационным алюминиевым покрытием 16

РАСЧЕТ, КОНСТРУИРОВАНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ УЗЛОВ ТРЕНИЯ

Шижкарев М.П., Чан Ван Дык. Обоснование наибольшей точности срабатывания адаптивных фрикционных муфт 20

ТРИБОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ

Гурьянов Г.Н. Влияние величины коэффициента контактного трения на напряженное состояние и запас прочности при волочении круглого сплошного профиля 27

В ПОРЯДКЕ ОБСУЖДЕНИЯ

Чхетиани П.Д., Щербаков Ю.И., Бармина О.В., Новикова Н.Н. К вопросу о корректности триботехнических испытаний поверхностей высокой и особо высокой износостойкости 37

Ивасышин Г.С. Приложения квантовой механики. Научные открытия в области микро- и нанотрибологии 45

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индексы по каталогу «Роспечать» – 20139, Объединенному каталогу «Пресса России» – 39039, каталогу «Почта России» – 60253) или непосредственно в издательстве.

Тел. (499) 269-54-98; факс: (499) 269-48-97. E-mail: sborka@mashin.ru

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале, допускаются только с разрешения редакции и со ссылкой на источник информации.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.



Publishes
from July 2005

THE MONTHLY SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL JOURNAL

FRICITION & LUBRICATION IN MACHINES AND MECHANISMS

11
November
2015

The journal is published on the initiative and with help of Russian National Committee on Tribology, with support of The Tribology Engineers Association of Russia (TEA), The International Union of Scientific and Engineering Societies (IUSES), Russian (REA) and International Engineering Academies (IEA)

The Journal is among those approved by AAC RF for dissertation publication

President of Editorial advisory board

Academician of RAS and REA
V.I. KOLESNIKOV

Vice-President

Academician of IEA
Yu.M. LUZHNOV

Editorial advisory board:

MOSCOW

V.V. BARDUSHKIN
I.A. BUYANOVSKY
D.N. GARKUNOV
V.V. GRIB
S.M. ZAKHAROV
V.YA. KERSHENBAUM

BRYANSK

O.A. GORLENKO
E.A. PAMFILOV

IVANOVO

V.A. GODLEVSKY

KALININGRAD

S.V. FEDOROV

KEMEROVO

A.N. KOROTKOV

NAL'CHIK

M.A. MAMHEGOV

NOVOCHERKASSK

D.V. MIN'KOV

ROSTOV-ON-DON

A.A. RYZHKIN

RYBINSK

V.F. BEZ'YAZYCHNY

SAMARA

D.G. GROMAKOVSKY

ST.-PETERSBURG

L.I. POGODAEV

STAVROPOL'

N.S. PENKIN

TOMSK

V.E. PANIN
A.V. KOLUBAEV

UFA

V.YU. SCHOLOM

KHABAROVSK

A.YU. KONKOV

BELARUS'

N.K. MYSHKIN

MOLDOVA

V.F. GALOGAN

UKRAIN

S.A. KLIMENKO
I.A. LUBININ
V.V. SHEVELYA

GERMANY

G. FLEISCHER
A. GERVEY
G. TEPPER

POLAND

YA. SENATORSKY
M. SCHEREC
S. PYTKO

Editors:

I.M. GLIKMAN.
E.D. MAKARENKO

The journal is registered by RF Ministry of Press, Tele- and Broadcasting and Mass Communications Media.

Registration certificate ПИ № ФС 77-21137,
May 19, 2005 Free price.

CONTENTS

TRIBOLOGICAL TESTING AND DIAGNOSTICS

Berent B.Ya. Study of metals welding and processes resulting in their seizure under sliding friction.....3

Medelyaev I.A. Effect of water and gas content in the lubricant to friction and wear of friction units in a mixed lubrication.....12

Sychev A.P., Sycheva M.A., Vasilkova E.A., Belotserkovsky M.A. Technological features of using metal structures with metallization aluminum coating.....16

CALCULATION, DESIGNING AND FRICTION UNITS OPERATION

Shishkarev M.P., Than Van Duc. The rationale for the greatest precision operation adaptive friction couplings.....20

TRIBOLOGY OF METALWORKING PROCESSES

Guryanov G.N. The influence of the value of the coefficient of contact friction on the stress state and a margin of safety while drawing round solid profile.....27

DISCUSSION

Chkhetiani P.D., Shcherbakov Yu.I., Barmina O.V., Novikova N.N. To the question about the correctness of tribotechnical tests of surfaces with high and very high wear resistance.....37

Ivasyshin G.S. Applications of quantum mechanics. Scientific discoveries in micro- and nanotribology.....45

The journal is being distributed according to a subscription, which is available in any post office (indexes in the catalogue «Rosspechat» – 20139, Joint Catalogue «Pressa Rossii» – 39039, by the catalogue «Pochta Rossii» – 60253) or at the publishing house directly.

Tel.: (499) 269-54-98. Fax: (499) 269-48-97. E-mail: sborka@mashin.ru

Reprint, all types of copying and reproduction of the materials published in the journal «Assembling in Mechanical Engineering and Instrument Making» are allowed only with the permission of the editors and with the reference to the source of information.

Advertisers are fully responsible for the content of the advertisements.



УДК 179.1.082.7:658.58

Г.С. Ивасышин, д-р техн. наук
(Псковский государственный университет)

Приложения квантовой механики. Научные открытия в области микро- и нанотрибологии*

Обсуждены возможности получения конкурентоспособных технологий на основе научных открытий (дипломы № 258, 277, 289, 302, 392, 404, 466, 468).

The opportunities of obtaining competitive technologies based on scientific investigations (diploma № 258, 277, 289, 302, 392, 404, 466, 468) are discussed.

Ключевые слова: нанотехнология, квантовая механика, строение вещества, управление трением, дислокации, упругое последствие, гелиевое изнашивание, управление трением, квантовая теория трения, нанотрибология, энтропия.

Keywords: nanotechnology, quantum mechanics, structure of matter, management of friction, deployment, elastic aftereffect, helium wear, friction control, quantum friction theory, nanotribology, entropy.

А.Ю. Ишлинский, характеризуя в 1998 г. состояние теоретической механики, отметил, что в этой детально разработанной области современного естествознания остаются «две нерешенные до сих пор проблемы: проблема трения и проблема турбулентности». Это объясняется тем, что, согласно работе [1], «...провести точные количественные эксперименты в трении весьма сложно, и законы трения, несмотря на огромное практическое значение точного анализа, до настоящего времени как следует не изучены», так что «... с учетом всей проделанной работы удивительно, что до сих пор не достигнуто более глубокого понимания вопроса». В работе [2] показано, что «Трибология сложна, она требует знаний в области материаловедения, механики, термодинамики и многих других отраслей науки; при этом часто превышаются наши интеллектуальные возможности и воображение».

Решение этой актуальной задачи возможно только на базе глубоких, научно обоснованных знаний [3], которые могут быть достигнуты по мере

* По материалам конференции «Трибология — машиностроению-2014».

дальнейшего развития трибологии. Как отмечал Г. Саломон, «трибология — это образ мышления и искусство, интеллектуальный подход к гибкой кооперации специалистов в различных областях науки и техники. Это искусство применения анализа операций к задачам огромного экономического значения, а именно к надежности, эксплуатации и износу технических устройств от космических кораблей до бытовых приборов» [4]. Эта наука в настоящее время интенсивно развивается. «Результаты трения, износа и эффективности смазочного действия в машинах определяются свойствами и процессами, происходящими в самих материалах трущихся тел, в их поверхностных слоях, на поверхностях раздела их фаз и в самом разделяющем слое.... Знание особенностей и закономерностей изменений позволяет направленно воздействовать на результаты фрикционного взаимодействия тел, создавать новые материалы, технологии и конструкции современных машин, бережно расходовать энергию и в меньшей мере воздействовать на окружающую среду, а также повышать надежность машин в работе» [5].

Одним из современных направлений в области механики и машиноведения является микромеханика, или нанотехнология. Методы и средства классической трибологии здесь не применимы в полном объеме, хотя многие современные ноу-хау базируются на фундаментальных представлениях трибологии [2, 5].

Развитие нанотехнологий и появление нового класса приборов — микроэлектромеханических и наноэлектромеханических систем — привело к необходимости управления трибологическими процессами в микро- и наномасштабах [6], развитию экспериментальных методов исследования в области нанотрибологии [7—18]. Неслучайно авторы работы [3] считают, что «... форсирование исследований в области микро- и нанотрибологии» относится на сегодняшний день «... к основным и актуальным разделам

и направлениям трибологии и ее инженерному приложению — триботехнике».

Инновационно ориентированное развитие российской экономики возможно только на основе превращения науки в реальную производительную силу путем создания и эффективного использования научных открытий, патентов.

Открытием в области естественных наук признается установление явлений, свойств, законов (закономерностей) или объектов материального мира, ранее не установленных и доступных проверке.

Анализ микро- и нанотрибофизических и микро- и нанотрибохимических эффектов, выполненных на феноменологическом уровне, дал возможность получить определенные фундаментальные научные открытия.

Закономерность аддитивности упругого последствия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения [11]. «Установлена неизвестная ранее закономерность аддитивности упругого последствия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения, заключающаяся в том, что в упругой и пластической областях твердых тел, зоне их фрикционного контакта происходит суммирование (аддитивность) упругих и пластических последствий, вызывающих изменение фрикционных связей, физико-механических характеристик материала и пространственного положения пары трения, обусловленная направленным перемещением дислокаций в упругой и пластической областях пар трения».

Закономерность аддитивности магнитного последствия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения из ферромагнитных материалов [12]. «Установлена неизвестная ранее закономерность аддитивности магнитного последствия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения из ферромагнитных материалов, заключающаяся в том, что в упругой и пластической областях твердых тел в зоне их фрикционного контакта происходит суммирование (аддитивность) магнитных последствий, сопровождающих упругие и пластические последствия, определяющая поведение водорода (интенсивную диффузию, накачку, молизацию и взаимодействие с другими элементами) и обусловленная направленным перемещением дислокаций, несущих водород в зону фрикционного контакта из упругой и пластической областей пары трения и влияющих на структуру и подвижность доменных стенок».

Закономерность аддитивности диффузионного магнитного последствия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения из ферромагнитных материалов и сплавов [13]. «Установлена неизвестная ранее закономерность аддитивности диффузионного магнитного последствия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения из ферромагнитных материалов и сплавов, заключающаяся в том, что в упругой и пластической областях твердых тел в зоне их фрикционного контакта происходит суммирование (аддитивность) диффузионных магнитных последствий, сопровождающих упругие и пластические последствия, определяющая поведение внедренных атомов углерода и азота и обусловленная направленным перемещением дислокаций, несущих внедренные атомы углерода и азота в зону фрикционного контакта из упругой и пластической областей пары трения и влияющих на структуру и подвижность доменных стенок».

Закономерность аддитивности водородного магнитного последствия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения из ферромагнитных материалов и сплавов [14]. «Установлена неизвестная ранее закономерность аддитивности водородного магнитного последствия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения из ферромагнитных металлов и сплавов, заключающаяся в том, что в упругой и пластической областях твердых тел в зоне их фрикционного контакта происходит суммирование (аддитивность) водородных магнитных последствий, сопровождающих упругие и пластические последствия, обусловленная направленным перемещением дислокаций, несущих водород в зону контакта».

Закономерность изменения энтропии термодинамического последствия триботехнической системы [15]. «Установлена неизвестная ранее закономерность изменения энтропии термодинамического последствия триботехнической системы, заключающаяся в том, что под механической нагрузкой энтропия термодинамического последствия триботехнической системы уменьшается, а при снятии нагрузки увеличивается, обусловленная движением дислокаций в упругих и пластических областях твердых тел и переходом термодинамического последствия триботехнической системы от менее вероятного состояния к более вероятному».

Закономерность аддитивности температурного последствия в объемных и поверхностных слоях



пар трения [16]. «Установлена неизвестная ранее закономерность аддитивности температурного последствия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения, заключающаяся в том, что в упругой и пластической областях твердых тел в зоне их фрикционного контакта происходит суммирование (аддитивность) температурных последствий, сопровождающих упругие и пластические последствия, обусловленная направленным перемещением дислокаций».

Закономерность аддитивности сорбционного последствия в объемных и поверхностных слоях пар трения [17]. «Установлена неизвестная ранее закономерность аддитивности сорбционного последствия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения, заключающаяся в том, что в упругих и пластических областях твердых тел в зоне их фрикционного контакта происходит суммирование (аддитивность) сорбционных последствий, сопровождающих упругие и пластические последствия, обусловленная направленным перемещением дислокаций, определяющих характер сорбции (абсорбция, адсорбция, хемосорбция и др.)».

Закономерность изменения энтропии информационного последствия триботехнической системы [18]. «Установлена неизвестная ранее закономерность изменения энтропии информационного последствия триботехнической системы от механической нагрузки, заключающаяся в том, что при увеличении (уменьшении) механической нагрузки на зону контакта триботехнической системы энтропия информационного последствия уменьшается (увеличивается), обусловленная движением дислокаций в упругих и пластических областях контактирующих твердых тел триботехнической системы».

«Существует оценка, что 30 % валового национального продукта США зависит от приложений квантовой механики в той или иной форме. Неплохо для теории, которую никто не понимает. Подумайте о потенциальных возможностях роста и повышения качества жизни (или неизбежного повышения качества смерти при развитии квантовых вооружений), которые могут быть выявлены, если мы вдруг поймем ее!» (Питер Эткинз) [19].

Вместе с тем нельзя не отметить, что определенные микро- и нанотрибологические эффекты установлены Д.Н. Гаркуновым и И.В. Крагельским (открытие «Избирательный перенос при трении»), Е.А. Духовским и А.А. Силиным (от-

крытие «Аномально низкое трение»), Д.Н. Гаркуновым, А.А. Поляковым, Г.П. Шпеньковым и В.Я. Матюшенко (открытие «Явление образования насыщенной водородом зоны под поверхностным слоем металла при трении») [10].

Авторы [20, с. 343] считают, что избирательный перенос — наиболее яркое проявление эффекта двухслойной смазки, причем слой мягкого металла, покрывающего поверхность трения, и слой молекул ПАВ, адсорбированных на нем, образуются непосредственно в процессе трения. Использование избирательного переноса, открытого в 1956 г. Д.Н. Гаркуновым и И.В. Крагельским, позволяет получить коэффициенты трения 0,01...0,005, интенсивность изнашивания 10^{-10} ... 10^{-12} , в то время как при граничной смазке в обычных условиях коэффициент трения составляет 0,05...0,10, а интенсивность изнашивания 10^{-9} ... 10^{-10} . Это дало основание назвать явление избирательного переноса «эффектом безыноности».

В основе механизма избирательного переноса при трении лежит избирательное растворение сплавов. При избирательном растворении и деформации трением коэффициент диффузии возрастает на несколько порядков, соответственно возрастает скорость диффузионных потоков (неравновесность), уменьшая энтропию и увеличивая упорядоченность и создавая условия для формирования диссипативной структуры [21, с. 142].

Чрезвычайно интересно открытие Е.А. Духовским и А.А. Силиным и др. [21, с. 67] у полимерных материалов явления аномально низкого трения, возникающего при облучении поверхности трения частицами высокой энергии. Это открытие в явном виде обнаружило связь характеристик фрикционного взаимодействия с энергетическим состоянием поверхностного слоя твердого тела.

Согласно работе [22, с. 147] водородное изнашивание возникает в результате кооперативного (синергетического) взаимодействия поверхностных явлений: экзоэмиссии, адсорбции и трибодеструкции, которые приводят к выделению водорода. Совместно с неравновесными процессами, идущими при деформации поверхностного слоя металла, создаются тепловые градиенты, электрические и магнитные поля и поля напряжений. Это приводит к диффузии водорода в металлах, концентрации его в подповерхностном слое и ускоренному износу или разрушению этого слоя.



Выводы

1. Предлагаемые трибофизические модели составляют феноменологические основы квантовой теории, сверхпластичности и сверхпроводимости. Созданные трибофизические модели [11–18] — феномен биоконьютерных технологий.

2. Приложения феноменологической квантовой теории трения, сверхпластичности и сверхпроводимости в той или иной форме могут быть использованы при изготовлении сложных крупногабаритных деталей авиационно-космической техники, а также в электроэнергетике.

3. Использование водорода в качестве топлива в автомобильном двигателе, а также развитие водородной энергетики актуализирует создание материалов на основе научного открытия [13] для пар трения с гелиевым изнашиванием в трибосистемах с возможностью подавления водородного изнашивания на основе реализации углеродно-азотного цикла (эффекта) в зоне трения. Использование пар трения с гелиевым изнашиванием даст возможность управлять трением (за счет сверхтекучести гелия) в микротрибосистемах.

Библиографический список

1. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 7. Пер. с англ. / Под ред. Я.А. Смородинского. М.: Мир, 1977. 288 с.
2. Трибология: исследования и приложения: опыт США и стран СНГ / Под ред. В.А. Белого, К. Лудемы, Н.К. Мышкина. М.: Машиностроение: Нью-Йорк: Аллертон-пресс, 1993. 452 с.
3. Колесников В.И., Лужнов Ю.М., Чичинадзе А.В. Цели и задачи журнала «Трение и смазка в машинах и механизмах» // Приложение к журналу «Сборка в машиностроении, приборостроении». № 1. 2005. С. 3–7.
4. Мур Д. Основы и применения трибоники. М.: Мир, 1978. 488 с.
5. Трение. износ и смазка (трибология и триботехника) / А.В. Чичинадзе и др.; под общ. ред. А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 2003. 576 с.

6. Левченко В.А., Буяновский И.А., Матвеев В.Н. Этапы развития нанотрибологии // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2005. № 2. С. 36–45.

7. Ивасышин Г.С. Нанообразование и нанотрибология // Высокие интеллектуальные технологии и инновации в образовательно-научной деятельности: мат. XIII Междунар. науч.-метод. конф. Т. 1. 16–17 февраля 2006 г. Санкт-Петербург. СПб.: изд-во Политехнического университета, 2006. С. 260–261.

8. Ивасышин Г.С. Нанотрибология и гистерезисные явления в трибосистемах // Труды Псковского политехнического института. 2005. № 9.3. С. 265–271.

9. Ивасышин Г.С. Научные открытия в микро- и нанотрибологии // Фундаментальные исследования в технических университетах: мат. X Всерос. конф. по проблемам высшей школы, 18–19 мая 2006 г. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2006. С. 301–304.

10. Ивасышин Г.С. Научные открытия в микро- и нанотрибологии // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2008. № 4. С. 24–27.

11. Научное открытие (диплом № 258). Закономерность аддитивности упругого последействия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения / Г.С. Ивасышин. М.: РАЕН, МААНОИИ, 2004.

12. Научное открытие (диплом № 277). Закономерность аддитивности магнитного последействия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения из ферромагнитных материалов / Г.С. Ивасышин. М.: РАЕН, МААНОИИ, 2005.

13. Научное открытие (диплом № 289). Закономерность аддитивности диффузионного магнитного последействия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения из ферромагнитных материалов и сплавов. / Г.С. Ивасышин. М.: РАЕН, МААНОИИ, 2005.

14. Научное открытие (диплом № 302). Закономерность аддитивности водородного магнитного последействия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения из ферромагнитных материалов и сплавов / Г.С. Ивасышин. М.: РАЕН, МААНОИИ, 2006.

15. Научное открытие (диплом № 392). Закономерность изменения энтропии термодинамического последействия триботехнической системы / Г.С. Ивасышин, М.М. Радкевич, С.Г. Чулкин. М.: РАЕН, МААНОИИ, 2010.

16. Научное открытие (диплом № 404). Закономерность аддитивности температурного последействия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения / Г.С. Ивасышин, М.М. Радкевич, С.Г. Чулкин. М.: РАЕН, МААНОИИ, 2010.

17. Научное открытие (диплом № 466). Закономерность аддитивности сорбционного последействия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения / Г.С. Ивасышин, Д.В. Васильков. М.: РАЕН, МААНОИИ, 2014.

18. Научное открытие (диплом № 468). Закономерность изменения энтропии информационного последействия триботехнической системы / Г.С. Ивасышин. М.: РАЕН, МААНОИИ, 2014.

19. Эткинз П. Десять великих идей науки. Как устроен мир / Пер. с англ. М.: АСТ, Астрель, 2008. 384 с.

20. Основы трибологии (трение, износ, смазка): учебник для технических вузов. 2-е изд. перераб. и доп. / А.В. Чичинадзе и др. / Под общ. ред. А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 2001. 664 с.

21. Машков Ю.К., Полещенко К.Н., Поворозник С.Н., Орлов П.В. Трение и модифицирование материалов трибосистем. М.: Наука, 2000. 280 с.

22. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безызносность): учебник 4-е изд., перераб. и доп. М.: МСХА, 2001. 616 с.

Контактные координаты автора

Ивасышин Генрих Степанович — e-mail: genrih.ivasyshin@eandex.ru

ООО «Издательство «Инновационное машиностроение», 107076, Москва, Колодезный пер., д. 2а, стр. 2

Учредитель ООО «Издательство Машиностроение».

Адрес электронной почты редакции журнала: sborka@mashin.ru. Web-site: www.mashin.ru

Телефон редакции журнала: 8 (499) 269-54-98; факс: 8 (499) 269-48-97.

Технический редактор *Беликова Е. И.* Корректор *Сажина Л. И.*

Сдано в набор 16.09.15 г. Подписано в печать 29.10.15 г. Формат 60 × 88 / 16.

Усл. печ. л. 5,88. Бумага офсетная. Свободная цена.

Оригинал-макет: ООО «Авансд солюннз». 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1.

Сайт: www.aov.ru

Отпечатано в ООО «Канцлер», 15008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49