

НАУЧНЫЕ ОТКРЫТИЯ В ОБЛАСТИ МИКРО-НАНО-ПИКО- И ФЕМТОТРИБОЛОГИИ

Обсуждаются возможности получения конкурентоспособных технологий на основе научных открытий (Диплом № 258, Диплом № 277, Диплом № 289, Диплом № 302, Диплом №392, Диплом № 404, Диплом № 466, Диплом № 468) и квантовой теории трения.

Ключевые слова: управление трением, углеродно-азотный цикл, протон-протонный цикл, свертекучесть гелия, квантовая теория трения, гелиевое изнашивание, холодный ядерный синтез, нанотрибология.

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

Цель настоящей работы — обеспечение условий управления трением (внутренним и внешним), сверхпластичностью и сверхпроводимостью на основе синтеза гелия в объемных и поверхностных слоях пар трения, а также на основе квантовой теории трения, фотопроводимости, сверхпластичности и сверхпроводимости.

Постановка задач:

- создание трибофизических моделей на основе реализации углеродно-азотного и протон-протонного циклов холодного ядерного синтеза, в результате которых в зоне трения (внутреннего и внешнего) водород превращается в гелий;
- Создание феноменологических основ квантовой теории трения, фотопроводимости, сверхпластичности и сверхпроводимости.

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 [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». При этом «трибология сложна, она требует знаний в области материаловедения, механики, термодинамики и многих других отраслей науки; при этом часто превышаются наши интеллектуальные возможности и воображение» [2].

Решение этой актуальной задачи возможно только на базе глубоких, научно-обоснованных знаний [3], которые могут быть достигнуты по мере дальнейшего развития трибологии. Как отмечал Г. Саломон, «трибология — это образ мышления и искусство, интеллектуальный подход к гибкой кооперации специалистов в раз-

личных 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 науки базируются на фундаментальных представлениях трибологии, рассмотренных в работах [2, 5].

Развитие нанотехнологий и появление нового класса приборов — микроэлектромеханических и нанозлектромеханических систем — привело к необходимости управления трибологическими процессами в микро- и наномасштабах [6], развитию экспериментальных методов исследования в области нанотрибологии [7–18]. Неслучайно авторы [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».

Экономика научно-технического прогресса должна базироваться на научных открытиях, являющихся высшей формой научного познания.

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

Анализ микро– нано– пико– и фемтофизических и микро– нано– пико– и фемтохимических эффектов, выполненных на феноменологическом уровне, дал возможность получить определённые 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».

Необходимо отметить, что атомы внедрения углерода С и азота N (углеродно-азотный цикл) ответственны, как бы парадоксально это не звучало, за синтез гелия в зоне трения (Диплом № 289).

Следовательно — создана трибофизическая модель на основе реализации углеродно-азотного цикла, в результате которого водород превращается в гелий.

1. $12\text{C}+1\text{H}\rightarrow 13\text{N}+\gamma$.
2. $13\text{N}\rightarrow 13\text{C}+\beta++\nu$.
3. $13\text{C}+1\text{H}\rightarrow 14\text{N}+\gamma$.
4. $14\text{N}+1\text{H}\rightarrow 15\text{O}\rightarrow+\gamma$.
5. $15\text{O}\rightarrow 15\text{N}+\beta++\nu$.
6. $15\text{N}+1\text{H}\rightarrow 15\text{C}+4\text{He}$.

Углерод играет роль катализатора процесса слияния протонов.

Протон, сталкиваясь с ядром углерода, превращается в радиоактивный изотоп ^{13}N . При этой реакции излучается γ -квант (фотон). Изотоп ^{13}N , претерпевая β -распад с испусканием позитрона и нейтрино, превращается в обычное ядро азота ^{14}N . При этой реакции так же излучается γ -квант. Далее, ядро азота сталкивается с протоном, после чего образуется радиоактивный изотоп кислорода ^{15}O и γ -квант. Затем этот изотоп путём β -распада превращается в изотоп азота ^{15}N . Наконец, по-

следний, присоединив к себе во время столкновения протон, распадается на обычный углерод и гелий. Вся цепь реакций представляет собой последовательное «утяжеление» ядра углерода путём присоединения протонов с последующими β^+ -распадами. Последним звеном этой цепи является восстановление первоначального ядра углерода и образование нового ядра гелия за счет четырех протонов, которые в разное время один за другим присоединились к ^{12}C и образующимся из него изотопам.

В последние годы получены многочисленные экспериментальные свидетельства ядерных реакций при низких энергиях (ядерных реакций в конденсированных средах, холодном ядерном синтезе — ХЯС). Под «холодным ядерным синтезом», который теперь предлагается заменить на термин «ядерные процессы, индуцированные кристаллической решеткой», понимаются аномальные с точки зрения вакуумных ядерных столкновений, стохастические низкотемпературные ядерные процессы (слияние ядер с выделением нейтронов), существующие в неравновесных твердых телах, которые стимулируются трансформацией упругой энергии в кристаллической решетке при фазовых переходах, механических воздействиях, сорбции или десорбции водорода (дейтерия). ХЯС достоверно зафиксирован в целом ряде физических и физико-химических процессов с участием дейтерия. Многие из таких процессов, но с участием природного водорода, имеют место и в естественных процессах. К их числу можно отнести: явление сорбции-десорбции водорода в металлах, окислительно-восстановительные воздействия на соединения водорода, механическое разрушение и измельчение водородосодержащих пород.

Однако, до сих пор не создано удовлетворительной количественной и даже качественной теории ХЯС, имеющего принципиальное значение, как для фундаментальной науки, так и, практического использования.

Закономерность аддитивности водородного магнитного последействия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения из ферромагнитных материалов и сплавов [14].

«Установлена неизвестная ранее закономерность аддитивности водородного магнитного последействия 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 последействий, сопровождающих упругие и пластические последействия, обусловленная направленным перемещением дислокаций, несущих водород в зону контакта».

1. $1\text{H}+1\text{H}\rightarrow 2\text{D}+\beta^{++}+\nu$.
2. $2\text{D}+1\text{H}\rightarrow 3\text{He}+\gamma$.
3. $3\text{He}+3\text{He}\rightarrow 4\text{He}+21\text{H}$.

Следовательно, сформулирован механизм холодного ядерного синтеза, возникающий в поверхностных слоях пар трения твердых тел и обусловленный направленным перемещением дислокаций в кристаллических структурах металлов на основе реализации протон - протонного цикла, в результате которого водород превращается в гелий.

Академик Б. В. Дерягин с сотрудниками в 1985 г. обнаружил явление мезоэмиссии нейтронов из содержащих дейтерий кристаллических тел, которое в своей публикации 1985 года интерпретировали как проявление реакций холодного ядерного синтеза.

В 90-е годы сотрудники Б. В. Дерягина предложили гипотезу о том, что в веществах с водородными связями на одной водородной связи могут оказаться два ядра атомов водорода при расстоянии между ними менее одного ангстрема. Туннелирование дейтронов сквозь столь узкий барьер может происходить с большой вероятностью и при низких температурах.

Согласно современным представлениям, протон и нейтрон представляют собой два состояния одной частицы — нуклона. То есть протон становится нейтроном, присоединив электрон, а нейтрон — протоном, отдав электрон другому протону, который, в свою очередь, превращается в нейтрон.

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 поймём её! ...» (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 (открытие «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, адсорбировавшихся 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 безызносности».

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 [22, С. 147] водородное изнашивание возникает в результате кооперативного (синергетического) взаимодействия поверхностных явлений: экзотермии, 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.

Поясним сказанное. На поверхности при трении возникает экзoeлектронная эмиссия, поставляющая электроны, способные сольватироваться на молекулах воды и разлагать их на кислород и водород.

Водород — почти неизбежная примесь любого сплава [23, С. 64]. Он маленький (диаметр атома водорода в металлах колеблется от 0,056 до 0,092 нм), и вероятно, поэтому очень подвижный. Большая подвижность водорода по сравнению с другими элементами особенно заметна при низких температурах.

Водород — элемент особый. От всех других элементов он отличается тем, что находясь в кристаллической решетке в ионизированном состоянии, он является совершенно «голым», образуя протонный газ.

Протон — ядро атома водорода.

Измерения размеров ядер различными методами дают величину $\sim 1-10$ Фм (1Фм = 10^{-15} м, фемтометр — от дат. femten — пятнадцать). Размеры атома $\sim 0,1$ нм. Таким образом, было установлено, что атом — основной строительный материал вещества — представляет собой «атом пустоты» отношение объема, занимаемого ядром к объему атома $\sim 10^{-15}$ [24].

Возникают частицы с большой энергией: возбужденные молекулы, атомы, ионы, быстрые электроны, фононы, фотоны (кванты электромагнитного излучения).

Такое состояние является причиной определенных химических реакций, а также явлений трибоэлектричества, электронной эмиссии, триболюминесценции и т. п. [25].

Факторы, определяющие теплопроводность и электропроводимость, одинаковы — движение свободных электронов в металле.

Причём, чем меньше помех (например, дислокаций, тепловых колебаний атомов кристаллической решетки и др.) для движения электронов, тем лучше проводимость.

Сегодня из-за наличия сопротивления подводящих проводов теряется от 30 до 40 % производимой электроэнергии [26, С. 415].

Электронная теория («электронное трение») в состоянии объяснить влияние многих факторов на электрическое сопротивление материалов.

Знание генерируемых «электронным трением» температур имеет первостепенное значение для трибологии.

Выводы:

1. Предлагаемые трибофизические модели составляют феноменологические основы квантовой теории трения, фотопроводимости, сверхпластичности и сверхпроводимости. Созданные трибофизические модели (научные открытия — Дипломы № 258, № 277, № 289, № 302, № 392, № 404, № 466, № 468) — феномен биокомпьютерных технологий. Управление электронным трением на основе трибофизических моделей даст возможность не только увеличить скорость передачи информации по оптическим кабелям (в настоящее время 5 процентов энергии, которую производит человечество тратится на передачу энергии по оптическим кабелям), но и увеличить быстродействие компьютеров и интернет.

2. Приложения феноменологической квантовой теории трения, фотопроводимости, сверхпластичности и сверхпроводимости в той или иной форме могут быть использованы при изготовлении фотоэлементов, фотоэлектронных умножителей, электрических фотометров, сложных крупногабаритных деталей авиационно-космической техники, а также в электроэнергетике (последовательные соединения источников фото — э. д. с. образуют солнечные батареи, используемые в качестве бортовых источников электрической энергии на космических комплексах).

3. Использование водорода в качестве топлива в автомобильном двигателе, а также развитие водородной энергетики актуализирует создание материалов на основе научного открытия (Диплом № 289) 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.

4. Трибологические эффекты (трибозмиссия, триболоминисценция, трибоэлектричество и др.), возникающие при взаимодействии микро- нано-пико- и фемтоконтактов при трении, можно целенаправленно использовать не только с целью изучения холодного ядерного синтеза, но и для получения в перспективе неиссякаемого источника экологически чистой энергии на основе синтеза из более легкого водорода более тяжелого гелия.

Литература

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 (7). 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, Э. М. Берлинер, Э. Д. Браун 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: Материалы XIII Международной научно-методической конференции. Том 1. 16–17 февраля 2006 года, 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 нанотрибологии // Фундаментальные исследования в технических университетах: Материалы X Всероссийской конференции по проблемам высшей школы, 18–19 мая 2006 года. Санкт-Петербург. 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 объёмных 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 / Питер Эткинз; пер. с англ. М.: АСТ: Астрель, 2008. 384 с.
20. Основы трибологии (трение, износ, смазка): Учебник для технических вузов. 2-ое изд. переработ. и доп. / А. В. Чичинадзе, Э. Д. Браун, Н. А. Буше и др.; Под общ. ред. А. В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 2001. 664 с.
21. Машков Ю. К., Полещенко К. Н., Поворознюк С. Н., Орлов П. В. Трение и модифицирование материалов трибосистем. М.: Наука, 2000. 280 с.
22. Гаркунов Д. Н. Триботехника (износ и безызносность): Учеб. 4-е изд., перераб. и доп. М.: МСХА, 2001. 616 с
23. Бокштейн Б. С. Атомы блуждают по кристаллу / Под ред. Л. Г. Асламазова. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. 208 с.
24. Павленко Ю. Г. Квантовая физика. Элементы теории относительности. Световые кванты. Атом и атомное ядро. М.: Изд-во МГУ, 1992. 16 с.
25. Ивасышин Г. С. Исследование трения и износа по нанoshкале методом профилированной координатной сетки. Квант действия Планка h и квант последействие h // Межотраслевой альманах. Деловая слава России. 2014. № 2(45). С. 38–40.
26. Павлов П. В., Хохлов А. Ф. Физика твердого тела. М.: Высшая школа, 2000. 496 с.

Об авторе(ах)

Ивасышин Генрих Степанович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры теории механизмов и машин, механико-машиностроительный факультет, Псковский государственный университет, Россия.

**SCIENTIFIC ADVANCES IN THE FIELD OF
MICRO – NANO – PICO – FEMTOTRIBOLOGY**

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

Key words: *friction control, carbon-and nitrogen cycle, proton-and-proton cycle, helium superfluidity, quantum friction theory, helium wearability, cold nuclear fusion, nanotribologi.*

About the author

Ivasyshin Henrih Stepanovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of Theory of machines and mechanisms, Faculty of Mechanical Engineering, Pskov State University, Russia.