



НАУЧНЫЕ ОТКРЫТИЯ В ОБЛАСТИ МИКРО-, НАНО-, ПИКО-, ФЕМТО- И АТТОТРИБОЛОГИИ. ПЛАНК И КВАНТ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ

SCIENTIFIC DISCOVERIES IN FIELD OF MICRO, NANO, PICO, FEMTO AND ATTOTRIBOLOGY. PLANK AND QUANTUM OF AFTEREFFECT

УДК 620.179.1.082.7:658.58, ВАК 05.02.04, DOI: 10.22184/1993-8578.2017.77.6.84.94

Г.Ивасышин* / genrih.ivasyshin@yandex.ru
G.Ivashyshin*

"...Никакой набор фундаментальных констант
не следует считать незыблемой истиной..."

Тейлор Б., Паркер В., Лангенберг Д.

"...Кто ищет, вынужден служить..."

Гете Иоганн Вольфганг

Обсуждаются возможности получения конкурентоспособных технологий на основе научных открытий [18–26] и квантовой механики.

The opportunities of obtaining competitive technologies based on scientific discoveries [18–26] and quantum mechanics are discussed.

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

Профессор Б.А.Мамырин в предисловии редактора к книге Б. Тейлора, В. Паркера, Д. Лангенберга [1] акцентирует внимание, в частности, на том, что научные открытия дают возможность определить точность, полноту и единство наших представлений об окружающем мире: "...задачи науки требуют не только непрерывного увеличения точности фундаментальных констант, но и непрерывного увеличения числа констант, включаемых в таблицу их точных значений. Это связано с новыми открытиями и привлечением новых объектов исследования в науке, что,

естественно, требует точного знания основных величин, отражающих их количественные характеристики..." [1, с. 6].

В [2, с. 85] указывается, что "...фундаментальными константами обычно называют те постоянные, которые входят в выражения, описывающие атомные и квантовые явления, в качестве множителей, определяющих порядок величины: квант действия h , квант электрического заряда e , скорость света c и т.п. Многие физические постоянные могут быть выражены через другие константы...". Оказывается, что все фундаментальные постоянные можно выразить через одну безразмерную величину и четыре другие размерные величины...".

Согласно [3, с.7], "...физика твердого тела – это наука о строении, свойствах твердых тел (кристаллических и аморфных) и происходящих в них физических явлениях...". Авторы [4, с. 5]

* Псковский государственный университет / Pskov state university.



утверждают: "...упругие постоянные и модули упругости – важнейшие характеристики твердого тела. Они являются расчетными параметрами в аналитическом аппарате физической теории деформации и разрушения твердого тела, базирующейся на современной теории дислокаций...". При этом, "...модули упругости, которые являясь мерой второй производной от потенциальной энергии по межатомному расстоянию в кристаллической решетке, косвенно могут служить мерой прочности межатомной связи..." [4, с. 9], и "...физический смысл модулей упругости как раз и состоит в том, что они характеризуют сопротивляемость металлов упругой деформации, то есть смещению атомов из положений равновесия в решетке...." [5, с. 28].

Авторы [6] указывают: "...для описания структуры и процессов на атомном уровне физики создали мощный инструмент – квантовый механизм... Однако фактические достижения в этом направлении еще далеки от уровня, на котором находятся основы теории..." [6, с. 34].

Чтобы установить, какие виды колебаний будут возбуждаться в содержащем много атомов кристалле, нужно знать соответствующие этим видам частоты: "...Большинство частот близко к наивысшей возможной частоте колебаний решетки (Mott N.F., Jones H.), которую приближенно можно считать равной частоте колебаний отдельного атома, колеблющегося между жесткими системами. Наивысшую частоту колебаний можно выразить через массу грамма атома M , модуль упругости E , число Авогадро N_A и межатомное расстояние b :

$$v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \approx \sqrt{\frac{E b}{M/N_A}}. \quad (1)$$

Это соотношение можно также вывести из учета времени распространения упругой волны от данного атома к соседнему..." [6, с. 21].

Поскольку точность определения модуля упругости E зависит от величины упругого последействия [7] и имеется определенная корреляция на основании соотношения (1) между частотой колебаний волны v и модулем упругости E , а следовательно, и упругим последействием, представляется возможным заключить, что между частотой v и упругим последействием также имеется корреляция. В то же время необходимо констатировать, что "...до сих пор не удалось получить даже приближенных решений

уравнений квантовой механики, определяющих расположение атомов около дислокаций, и для сил, требуемых для движения дислокации..." [6, с. 35].

За упругие последействия ответственны дислокации: "...Трудности теории становятся очевидными, если представить, что в 1 холодно-деформированного металла находится ~ 1 млн км. дислокаций, и они расположены не упорядоченными рядами, а образуют запутанные клубки и пересекаются сложным образом..." [6, с. 35].

Цель настоящей работы – рассмотреть условия 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.

Предполагается решить следующие задачи:

- 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;
- исследование влияния упругого последействия на модуль Юнга и коэффициент Пуассона.

А.Ю.Ишлинский, характеризуя в 1998 году состояние теоретической механики, отметил, что в этой детально разработанной области современного естествознания остаются "две нерешиенные до сих пор проблемы: проблема трения и проблема турбулентности". Это объясняется тем, что, согласно [8], "...проводести 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" [9].

Решение этой актуальной задачи возможно только на базе глубоких, научно-обоснованных знаний [10], 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 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" [11]. 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" [12].

Одним из современных направлений в области механики и машиноведения является микромеханика и нанотехнология. Методы и средства классической трибологии здесь не применимы в полном объеме, хотя многие современные ноу-хау базируются на фундаментальных представлениях трибологии, рассмотренных в работах [9, 12].

Развитие нанотехнологий и появление нового класса приборов – микроэлектромеханических и наноэлектромеханических систем – привело к необходимости управления трибологическими процессами в микро- и наномасштабах [13], развитию экспериментальных методов исследования в области нанотрибологии [14–26]. Не случайно авторы [10] 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 признается установление явлений, свойств, законов (закономерностей) или объектов материального мира, ранее не установленных и доступных проверке.

НАУЧНЫЕ ОТКРЫТИЯ В ОБЛАСТИ МИКРО-, НАНО-, ПИКО-, ФЕМТО- И АТТОРИБОЛОГИИ

Анализ микро-, нано-, пико-, фемто- и аттотехнологических и микро-, нано-, пико-, фемто- и аттотехнических эффектов, выполненный на феноменологическом уровне, дал возможность получить ряд фундаментальных научных открытий.

Во-первых, установлена закономерность аддитивности упругого последействия 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 последействий, вызывающих изменение фрикционных связей, физико-механических характеристик материала и пространственного положения пары трения, обусловленная направленным перемещением дислокаций в упругой и пластической областях пар трения [18].

Во-вторых, установлена закономерность аддитивности магнитного последействия 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 последействий, сопровождающих упругие и пластические последействия. Такая аддитивность определяет поведение водорода (интенсивную диффузию, накачку, моллизацию и взаимодействие с другими элементами) и обусловлена направленным перемещением дислокаций, несущих водород в зону фрикционного контакта из упругой и пластической областей пары трения и влияющих на структуру и подвижность доменных стенок [19].

В-третьих, установлена закономерность аддитивности диффузионного магнитного последействия 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 последействий, сопровождающих упругие и пластические последействия. Она определяет поведение внедренных атомов углерода и азота и обусловлена 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 [20].

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 [20]. 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. $^{13}\text{N} \rightarrow ^{13}\text{C} + \beta^+ + v;$
3. $^{13}\text{C} + ^1\text{H} \rightarrow ^{14}\text{N} + \gamma;$
4. $^{14}\text{N} + ^1\text{H} \rightarrow ^{15}\text{O} + \gamma;$
5. $^{15}\text{O} \rightarrow ^{15}\text{N} + \beta^+ + v;$
6. $^{15}\text{N} + ^1\text{H} \rightarrow ^{12}\text{C} + ^4\text{He}.$

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 также излучается γ -квант. Далее, ядро азота сталкивается с протоном, после чего образуется радиоактивный изотоп кислорода ^{15}O и γ -квант. Затем этот изотоп путем β^+ -распада превращается в изотоп азота ^{15}N . Наконец, последний, присоединив к себе во время столкновения протон, распадается на обычный углерод и гелий. Вся цепь реакций представляет собой последовательное "утяжение" ядра углерода путем 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 нормальные с точки зрения вакуумных ядерных столкновений, стохастические низко температурные 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 водорододержащих пород.

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

В четвертом открытии установлена законоомерность 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. Это явление обусловлено направленным перемещением дислокаций, несущих водород в зону контакта [21]:

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

Следовательно, сформулирован механизм ХЯС, 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 году обнаружил явление механоэмиссии нейтронов из содержащих дейтерий кристаллических тел, которое интерпретировали как проявление реакций ХЯС.

В 1990-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 дейtronов сквозь столь узкий барьер может происходить с большой вероятностью и при низких температурах.

Согласно современным взглядам, 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.

В пятом открытии установлена закономерность изменения энтропии термодинамического последействия триботехнической системы, заключающаяся в том, что под механической нагрузкой такая энтропия уменьшается, а при снятии нагрузки увеличивается, что обусловлено движением дислокаций в упругих и пластических областях твердых тел и переходом термодинамического последействия триботехнической системы от менее вероятного состояния к более вероятному [22].

В-седьмых, установлена закономерность аддитивности температурного последействия 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 последействий, сопровождающих упругие и пластические последействия, обусловленная направленным перемещением дислокаций [23].

В-восьмых, установлена закономерность аддитивности сорбционного последействия 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 последействий, сопровождающих упругие и пластические последействия, обусловленная направленным перемещением дислокаций, определяющих характер сорбции (абсорбция, адсорбция, хемосорбция и др.) [24].

В-восьмых, установлена закономерность изменения энтропии информационного последействия триботехнической системы от механической нагрузки, заключающаяся в том, что при увеличении (уменьшении) механической нагрузки на зону контакта триботехнической системы энтропия информационного последействия уменьшается (увеличивается), обусловленная движением дислокаций в упругих и пластических областях контактирующих твердых тел триботехнической системы [25].

И, наконец, установлено свойство металлов и сплавов проявлять аддитивность последействий в трибосистеме, заключающееся в том, что в зоне фрикционного контакта трибосистемы в металлах и сплавах (палладия, железа и др.) происходит суммирование возникающих последствий (магнитных, водородных, электронных и др.), сопровождающих упругие и пластические последействия, обусловленное направленным перемещением дислокаций в кристаллических решетках металлов и сплавов [26].

Согласно Питеру Эткинзу, "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!" [27].

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") [17].

Авторы [28, 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 году 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, увеличивая упорядоченность и создавая условия для формирования диссипативной структуры [29, с. 142].

Чрезвычайно интересно открытие Е.А.Духовским и А.А.Силиным и др. [29, с. 67] у полимерных материалов явления аномально низкого трения, возникающего при облучении поверхности трения частицами высокой энергии. Это обнаружило связь характеристик фрикционного взаимодействия с энергетическим состоянием поверхностного слоя твердого тела.

Согласно [30, с. 147], водородное изнашивание возникает в результате 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.

Рассмотрим более подробно механизм водородного изнашивания. На поверхности при трении возникает экзоэлектронная эмиссия, поставляющая электроны, способные сольватироваться на молекулах воды и разлагать их на кислород и водород. Водород – почти неизбежная примесь любого сплава [31, с. 64]. Диаметр атома водорода в металлах колеблется от 0,056 до 0,092 нм, вероятно поэтому он очень подвижен. Это свойство водорода по сравнению с другими элементами особенно заметно при низких температурах.

Водород отличается от всех других элементов 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 1–10 Фм (1 Фм = 10⁻¹⁵ м). Таким образом, было установлено, что основной строительный материал вещества представляет собой "атом пустоты" – отношение объема, занимаемого ядром к объему атома, составляет примерно 10⁻¹⁵ [32].

Возникновение частиц с большой энергией – возбужденных молекул, атомов, ионов, быстрых электронов, фононов, фотонов (квантов

электромагнитного излучения) является причиной определенных химических реакций, а также явлений трибоэлектричества, электронной эмиссии, триболюминесценции и т. п. [33].

Факторы, определяющие теплопроводность и электропроводимость, одинаковы – движение свободных электронов в металле. Причем, чем меньше помех (например, дислокаций, тепловых колебаний атомов кристаллической решетки и др.) для движения электронов, тем лучше проводимость. Напомним, что сегодня из-за сопротивления подводящих проводов теряется от 30 до 40% производимой электроэнергии [3, 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.

ПЛАНК И КВАНТ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ

Анализируя межатомные связи и тепловое движение в главе "Структура и механизмы деформации твердых тел" монографии [6], Ф.Макклинток и А.Аргон считают, что ответы на вопросы "... сколько степеней свободы имеет колебательное движение в кристалле? Должны ли мы, говоря о кристалле, учитывать не только трансляции, но и вращения атомов? Должны ли мы рассматривать движение каждого отдельного атома в кристаллическом веществе или на самом деле атомы движутся парами?" дает квантовая механика, которая утверждает, что колебания возбуждаются лишь теми значениями энергии, которые кратны Ди:

$$\Delta u = hv, \quad (2)$$

где v – частота колебаний данного вида; h – постоянная Планка ($6,62 \cdot$ эрг.с).

Рассматривая модель простого гармонического осциллятора, Ф.Макклинток и А.Аргон принимают среднюю энергию (сумму кинетической и потенциальной), приходящуюся на один вид колебаний, равной КТ (постоянная Больцмана К при К).

Ф.Макклинток и А.Аргон считают, что на основании выводов классической статистики для возбуждения колебаний одного вида с частотой v необходима такая температура, чтобы

$$KT \geq hv. \quad (3)$$

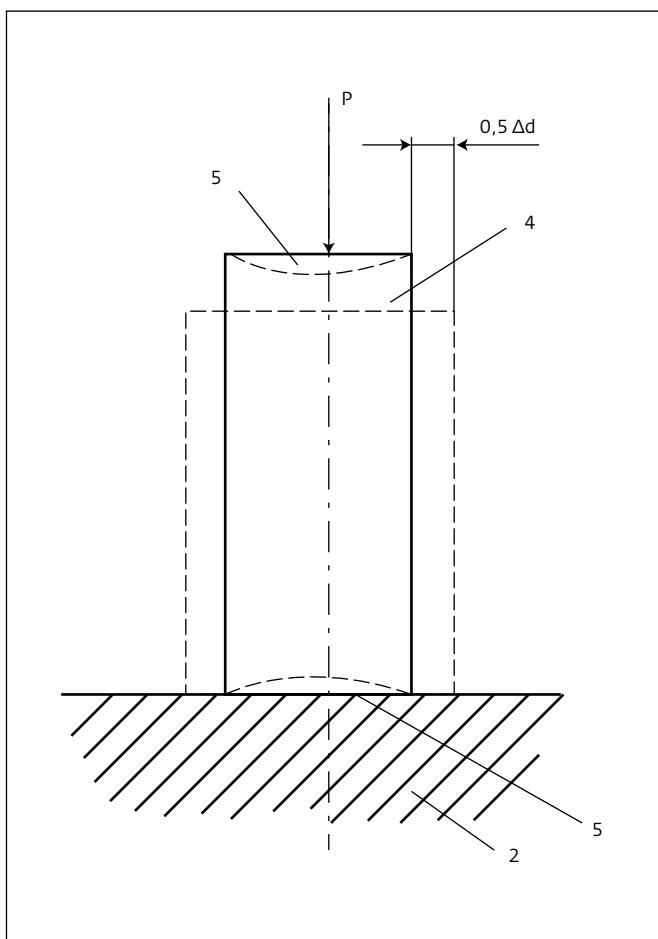


Рис.1. Схема деформации образца при его упругом последействии

Fig.1. Diagram of deformation of sample with its elastic aftereffect

"Постоянная Планка h (квант действия) – фундаментальная физическая константа, определяющая широкий круг физических явлений, для которых существенна дискретность величины с размерностью действия..." [34, с. 544]. Многие фундаментальные физические константы (постоянная Стефана Больцмана, постоянная Ридберга, постоянная Дирака и др.) базируются, как и соотношение Гейзенberга, на использовании кванта действия h , а также кванта последействия hI .

Как указано в [35, с. 71], "на основе квантомеханических вычислений Гейзенберг показал (1927 г.), что координату x и импульс p (или скорость v) тела массой m можно установить только с некоторой точностью $x \pm \Delta x$ и $p \pm \Delta p$ (или $v \pm \Delta v$), причем

$$\Delta x \Delta p \geq h \text{ или } \Delta x \Delta v \geq \frac{h}{m}. \quad (4)$$

Это соотношение Гейзенберга. Здесь Δx , Δp , и Δv означают не ошибки измерения, а принципиально неустранимые неопределенности, отклонения величин x , p и v от средних значений...".

В [2, с. 77] констатируется: "Эффекты Джозефсона представляют собой явления, возникающие, когда два сверхпроводника помещены достаточно близко друг к другу, чтобы электроны одного из них взаимодействовали с электронами другого... Один из эффектов Джозефсона важен для метрологии, поскольку позволяет связывать напряжение с частотой, в то же время он дает возможность найти отношение, что существенно для определения фундаментальных констант...".

Чтобы найти энергию Δu , надо умножить частоту колебания волны v на величину hI кванта последействия:

$$\Delta u = hI v. \quad (5)$$

Необходимо отметить, что величина hI функционально связана с упругим последействием.

Считая, что сверхпроводимость представляет собой сугубо квантовое явление, Ф.Лондон в 1950 году предположил, что захваченный магнитный поток должен быть равен целому числу "квантов потока", причем

$$\Phi_0^L = \frac{h}{e}. \quad (6)$$

Здесь, как и ранее, h – постоянная Планка, e – заряд электрона.

При этом предполагалось, что сверхпроводящий ток переносится отдельными электронами. В экспериментах, выполненных десятью годами позже, предположение о квантовании магнитного потока блестяще подтвердилось. Однако оказалось, что измеренный квант потока, получивший название Флюксона, равен постоянной Планка, деленной на двойной заряд электрона:

$$\Phi_0 = \frac{h}{2e} = 2,07 \cdot 10^{-15} \text{ В б.} \quad (7)$$

Эти эксперименты свидетельствовали о том, что сверхпроводящий ток переносится частицами с зарядом $2e$. Такими частицами являются связанные пары электронов, получившие название купровских пар [3, с. 413].

Представляет интерес и другая физическая постоянная – отношение. За это открытие в 1985 году К. фон Клитцинг был удостоен Нобелевской премии. Измерение квантового

эффекта Холла дает возможность определить отношение $\frac{h}{e^2}$. [3, с. 327].

ПУАССОН И КВАНТ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ НІ

Коэффициент Пуассона – абсолютное значение отношения величины относительной поперечной деформации элемента тела к его относительной продольной деформации. Рассмотрим способ измерения влияния упругого последействия на коэффициент Пуассона [37].

Недостатком известного способа является сравнительно невысокая точность, связанная с невозможностью учета анизотропии материала и наличия в материале дефектов, а также с тем, что результаты испытаний на растяжение или на сжатие отражают только средние механические свойства материала при равномерно распределенном одноосном напряжении (сжатии). Повышение точности измерения достигается тем, что второе измерение проводят при упругом последействии материала образца.

На рис.1 дана схема деформации образца при его упругом последействии; на рис.2 показано устройство для реализации предлагаемого способа; на рис.3 приведена блок-схема электронного вычислительного блока для обработки данных.

Устройство для реализации способа содержит измерительную машину 1 с круглым рабочим столом 2, нагружение в которой осуществляется с помощью гидроцилиндра 3. Усилие к образцу 4 прикладывается через конусные опоры 5, угол при вершине которых равен углу трения γ , что дает возможность сохранить цилиндрическую форму образца 4 и равномерность деформации по его высоте. Теоретический профиль образца 4 по периметру сечения определяется направляющей 6, относительно которой перемещается каретка 7 при вращении стола 2. Отклонения от теоретического профиля изменяются датчиком 8, сигнал с которого подается на запоминающие блоки 9–11 и 12, соединенные с вычитающими блоками 13 и 14, на выходе которых присоединены блоки 15 и 16 вычисления относительной, продольной и поперечной деформаций, соответственно. Сигнал с блоков 15 и 16 подается на блок 17 вычисления коэффициента Пуассона.

Измерение осуществляется следующим образом. Образец 4 нагружают за короткий промежуток времени гидроцилиндром 3 через опоры 5. Измеряют размеры образца до нагружения и после окончания упругого последействия.

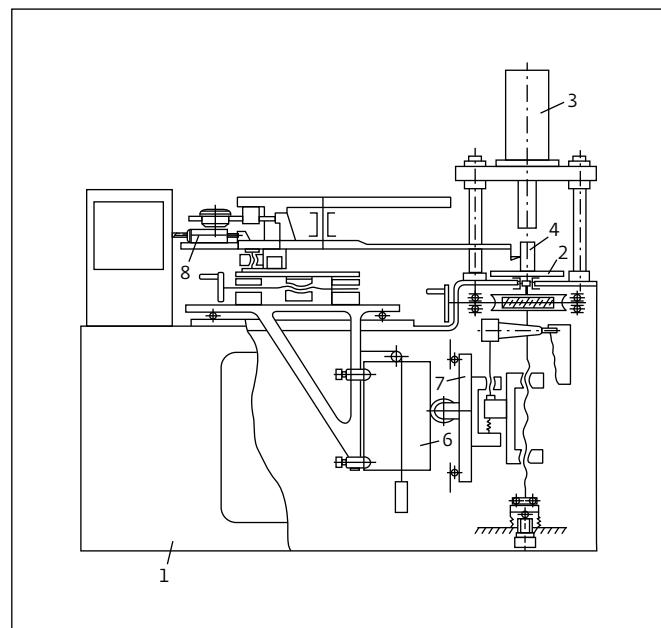


Рис.2. Устройство для реализации предлагаемого способа
Fig.2. Device for implementing proposed method

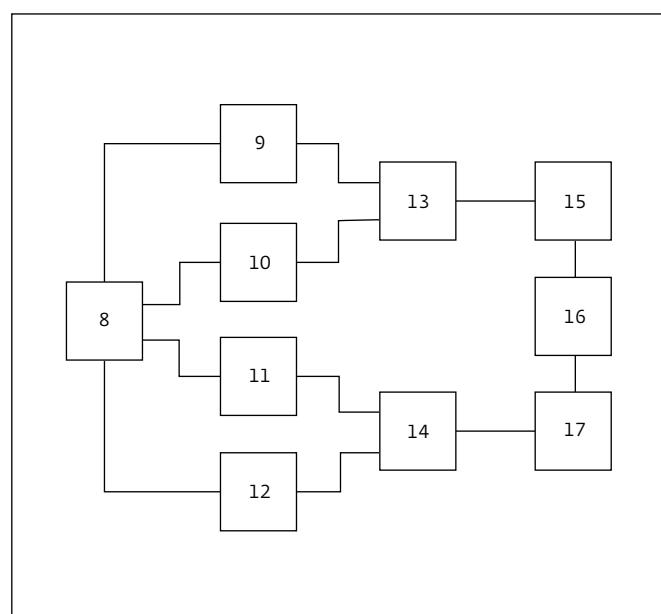


Рис.3. Блок-схема электронного вычислительного блока для обработки данных
Fig.3. Block diagram of an electronic computing unit for data processing

Сигнал в первом случае подается на измерительный канал, состоящий из блоков 9, 10, 13, и 15, а во втором – из блоков 11, 12 и 14. При вращении круглого стола 2 снимается сначала график-свидетель до нагружения образца, затем образец нагружается, и после снятия нагрузки снимается второй график, сравнение которых



позволяет судить о коэффициенте Пуассона материала образца.

ЮНГ И КВАНТ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ НІ

Англичанин Томас Юнг исследовал деформацию сдвига и ввел в 1807 году характеристику упругости – модуль Юнга. Рассмотрим способ повышения точности его определения в условиях последействия материала. Указанная цель достигается тем, что балку разгружают, измеряют с помощью автоколлиматора изменение во времени остаточного прогиба и с его учетом определяют модуль упругости.

Способ осуществляют следующим образом. Образец в виде балки из исследуемого материала консольно закрепляют одним концом и нагружают сосредоточенной изгибающей силой P , приложенной к ее свободному концу. Нагружение ведут статически, то есть с небольшой скоростью нагружения или деформирования. За время нагружения, несмотря на то, что напряжения невелики и не превышают предела текучести, в материале проявляются свойства последействия, поэтому прогиб f_1 балки увеличивается по сравнению с упругим прогибом. Для определения прогиба f_2 , связанного с действием упругих сил, балку разгружают, выдерживают без нагрузки, измеряют остаточный прогиб f_2 и вычисляют $f = f_1 - f_2$. Затем, по формуле

$$E = \frac{Pl^3}{3If} = \frac{Pl^3}{3I(f_1 - f_2)}, \quad (8)$$

где l – длина балки после разгрузки;
 I – момент инерции ее сечения,
вычисляют модуль упругости E материала.

Если не учитывать значения прогиба вследствие последействия, то ошибка в определении

модуля упругости составляет $\delta E = \frac{f_2}{f_1}$.

В случае, когда последействие не проявляется, то $f_2 = 0$ и $\delta E = 0$.

Предлагаемый способ позволяет повысить точность определения модуля упругости, поскольку учитывает реальный упругий прогиб балки при ее деформации.

ВЫВОДЫ

Предлагаемые трибофизические модели составляют феноменологические основы квантовой теории трения, фотопроводимости, сверхпластичности и сверхпроводимости. Созданные трибофизические модели [18–26] – феномен биокомпьютерных технологий. Управление электронным трением на основе

трибофизических моделей дает возможность не только увеличить скорость передачи информации по оптическим кабелям (в настоящее время 5% энергии, которую производит человечество, тратится на передачу энергии по оптическим кабелям), но и увеличить надежность компьютеров. Управление трением (внутренним и внешним) на основе трибофизических моделей (научных открытий) дает возможность снизить рассеивание механической энергии, которая происходит при работе машин и механизмов ("...около 33% мировых энергетических ресурсов бесполезно затрачивается на работу, связанную с трением..." [38, с. 282]).

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 (солнечных батареях).

Использование водорода в качестве автомобильного топлива и развитие водородной энергетики актуализирует создание материалов на основе научного открытия [20] 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.

Трибологические эффекты (трибоэмиссия, трибolumинисценция, трибоэлектричество и др.), возникающие при взаимодействии микро-,nano-, пико-, фемто- и аттаконтактов 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 гелия из водорода.

Профессор кафедры экспериментальной физики Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого Ф.П.Кесаманлы в своей работе [39], посвященной академику Ю.Б.Харитону, акцентирует, в частности, внимание на неточном знании некоторых физических констант: "...Вычисленное Харитоном и Зельдовичем значение критической массы урана-235..., при которой возникают цепные реакции, отличалось от истинного. Ошибка в вычислении этого значения была связана не с недостатками теории, а целиком определялась неточным значением физических констант, входящих в эти расчеты..." [39, с. 328]. В [2, с. 3] отмечено, что "константы задают границы



справедливости фундаментальных физических теорий. Как известно, скорость света с характеризует области применения ньютоновской и релятивистской механики, а постоянная Планка \hbar , соответственно, – классической и квантовой теории...". Анализируя систему уравнений

$$\Delta u = h v, \Delta u = h I v, \quad (9)$$

а также соотношения $\frac{h}{e}, \frac{h}{e^2}, \frac{2e}{h}$ можно сделать вывод

о том, что соотношения $\frac{h}{e}, \frac{h}{e^2}, \frac{2e}{h}$ представляют определенный интерес в теоретическом плане, а также в проблематике экспериментальных исследований, тем более что "...постоянная Планка перебрасывает мост между микро- и макромиром благодаря известному соотношению $E=hv$, связывающему энергию и частоту излучения...".

Исследование динамики профилированной координатной сетки [40] во времени (в виде дрейфа во времени деформационных кривых) дает возможность изучить интегрированные характеристики (при прямом упругом последействии дислокации двигаются в направлении приложения нагрузки, при обратном упругом последействии – стремятся вернуться в исходное положение) в поверхностных слоях и объемных частях деталей машин механизмов, имея в виду, что, как писал А.Ф.Иоффе, "...упругое последействие является не свойством твердого тела как такового, а только результатом царящего в нем беспорядка".

Эффективный поиск управления трением регламентируется знанием энтропии вещества, а также знанием его упругого микро-, нано-, пико-, фемто- и аттоПОСЛЕДЕЙСТВИЯ. В связи с тем, что модули упругости, являясь второй производной от потенциальной энергии по межатомному расстоянию в кристаллической решетке, косвенно могут служить мерой прочности межатомной связи, а также имея в виду функциональную зависимость модулей упругости от упругого последействия, представляется возможным утверждать о влиянии упругого последействия на прочность межатомной связи.

Как указано в [1, с. 329], "...в области фундаментальных констант остается еще много работы и мы должны нетерпеливо ждать продолжения романа о следующих десятичных знаках не для того, чтобы он закончился как таковой, а ради нового и более углубленного понимания природы и ее законов, пока нам неизвестных..." Теоретические и экспериментальные исследования последействия кванта

действия – продолжение "романа о следующих десятичных знаках".

ЛИТЕРАТУРА

1. Тейлор Б., Паркер В., Лангенберг Д. Фундаментальные константы и квантовая электродинамика / Под. ред. Б.А.Мамырина; пер. с англ. - М.: Атомиздат, 1972. 324 с.
2. Квантовая метрология и фундаментальные константы / Под ред. Р.Н.Фаустова и В.П.Шелеста; пер. с англ. - М.: Мир, 1981. 368 с.
3. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. - М.: Высшая школа, 2000. 496 с.
4. Францевич И.Н., Воронов Ф.Ф., Бакута С.А. Упругие постоянные и модули упругости металлов и неметаллов. Справочник / Под ред. И.Н.Францевича. - Киев: Наукова Думка. 1982. 288 с.
5. Золотаревский В.С. Механические свойства металлов: учебник для вузов. 2-е изд. - М.: Металлургия, 1983. 352 с.
6. Макклинток Ф., Аргон А. Деформация и разрушение материалов / Пер. с англ. - М.: Мир, 1971. 444 с.
7. NSU 905714 A 1 М К И G01 N3/20. Способ определения модуля упругости материала / Г.С.Иvasышин. 1982. Бюл. № 6.
8. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т.7 / Под ред. Я.А.Смородинского; пер. с англ. - М.: Мир, 1977. 288 с.
9. 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.
10. 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". 2005. №1 (7). С. 3-7.
11. Мур Д. Основы и применения трибоники. - М.: Мир, 1978. 488 с.
12. 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.
13. Левченко В.А., Буяновский И.А., Матвеенко В.Н. Этапы развития нанотрибологии // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2005. № 2. С .36-45.
14. Иvasышин Г.С. Нанообразование и нанотрибология // Высокие интеллектуальные техно-



- логии 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 института, 2006. С. 260–261.
15. Иvasышин Г.С. Нанотрибология и гистерезисные явления в тибосистемах // Труды Псковского политехнического института. 2005. № 9.3. С. 265–271.
 16. Иvasышин 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.
 17. Иvasышин Г.С. Научные открытия в микро- и нанотрибологии // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2008. № 4. С. 24–27.
 18. Иvasышин Г.С. Научное открытие (диплом № 258). Закономерность аддитивности упругого последействия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения. – М.: РАЕН, МААНоИИ, 2004.
 19. Иvasышин Г.С. Научное открытие (диплом № 277). Закономерность аддитивности упругого последействия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения из ферромагнитных материалов. – М.: РАЕН, МААНоИИ, 2005.
 20. Иvasышин Г.С. Научное открытие (диплом № 289). Закономерность аддитивности диффузионного магнитного последействия в объемных частях и поверхностях слоях пар трения из ферромагнитных материалов и сплавов. – М.: РАЕН, МААНоИИ, 2005.
 21. Иvasышин Г.С. Научное открытие (диплом № 302). Закономерность аддитивности водородного магнитного последействия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения из ферромагнитных материалов и сплавов. – М.: РАЕН, МААНоИИ, 2006.
 22. Иvasышин Г.С., Радкевич М.М., Чулкин С.Г. Научное открытие (диплом № 392). Закономерность изменения энтропии термодинамического последействия триботехнической системы. – М.: РАЕН, МААНоИИ, 2010.
 23. Иvasышин Г.С., Радкевич М.М., Чулкин С.Г. Научное открытие (диплом № 404). Закономерность аддитивности температурного последействия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения. – М.: РАЕН, МААНоИИ, 2010.
 24. Иvasышин Г.С., Васильков Д.В. Научное открытие (диплом № 466). Закономерность аддитивности сорбционного последействия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения. – М.: РАЕН, МААНоИИ, 2010.
 25. Иvasышин Г.С. Научное открытие (диплом № 468). Закономерность изменения энтропии информационного последействия триботехнической системы. – М.: РАЕН, МААНоИИ, 2014.
 26. Иvasышин Г.С., Блинов Д.С. Научное открытие (диплом № 492). Свойство металлов и сплавов проявлять аддитивность последействий в трибо-системе. – М.: РАЕН, МААНоИИ, 2016.
 27. Эткинз П. Десять великих идей науки. Как устроен мир / Пер. с англ. – М.: АСТ: Астрель, 2008. 384 с.
 28. Основы трибологии (трение, износ, смазка). Учебник для технических вузов. 2-е изд. пере-работ. и доп. / А.В.Чичинадзе, Э.Д.Браун, Н.А.Буше и др.; Под общ. ред. А.В.Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2001. 664 с.
 29. Машков Ю.К., Полещенко К.Н., Поровоз-нюк С.Н., Орлов П.В. Трение и модифицирован-ные материалов трибосистем. – М.: Наука, 2000. 280 с.
 30. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безыз-носность): Учеб. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: МСХА, 2001. 616 с.
 31. Бокштейн Б.С. Атомы блуждают по кристаллу / Под ред. Л.Г.Асламазова. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. 208 с.
 32. Павленко Ю.Г. Квантовая физика. Элементы теории относительности. Световые кванты. Атом и атомное ядро. – М.: Изд-во МГУ, 1992. 16 с.
 33. Иvasышин Г.С. Исследование трения и износа поnanoшкале методом профилированной коор-динатной сетки. Квант действия Планка \hbar и квант последействия НI // Межотраслевой альманах. Деловая слава России. 2014. № 2 (45). С. 38–40.
 34. Физический энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М.Прохоров. – М.: Мир, 1986. 384 с.
 35. Эрдеи-Груз Т. Основы строения материи / Под. ред. Г.В.Жданова; пер. с нем. – М.: Мир, 1976. 438 с.
 36. Чолаков В. Нобелевские премии. Ученые и открытия / Под. ред. А.Н.Шамина; пер. с болг. – М.: Мир, 1986. 368 с.
 37. NSU 848979 A 1 М К И G01 B5/30. Способ опре-деления коэффициента Пуассона материала / Г.С.Иvasышин. 1981. Бюл. № 27.
 38. Тимофеев Г.А. и др. Теория механизмов и меха-ники машин: учебник для вузов / Под ред. Г.А.Тимофеева. 8-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2017. 566 с.
 39. Кесаманлы Ф.П. Академик Юлий Борисович Харитон // Научно-технические ведомости СПб-ГПУ, 2004. № 1 (35). С. 321–332.
 40. NSU 328324 A 1 М К И G01 B5/30. Способ опре-деления релаксации остаточных напряжений в деталях / Г.С. Иvasышин. 1972. Бюл. № 6.