

МГУ имени М.В. Ломоносова

Научно-исследовательский институт механики

№ госрегистрации
АААА-А16-116021110204-3

УТВЕРЖДАЮ
Директор/декан

«__» _____ Г.

УДК
539.376 Деформация при постоянной нагрузке. Ползучесть
620.172 (устаревший)

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Механика материалов и конструкций
по теме:

Деформирование и разрушение изотропных, анизотропных и
неоднородных материалов в широком диапазоне температур
(промежуточный)

Зам. директора/декана
по научной работе

«__» _____ Г.

Руководитель темы
Горбачев В.И.

«__» _____ Г.

Локощенко А.М.

«__» _____ Г.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы:

заведующий кафедрой, доктор
физико-математических наук,
профессор по специальности
заведующий лабораторией,
доктор физико-математических наук,
профессор по кафедре

_____ (Горбачев В.И.)

_____ (Локощенко А.М.)

Исполнители темы:

ведущий специалист
ведущий специалист

_____ (Басалов Ю.Г.)

_____ (Бондаренко Д.В.)

_____ (Голубев В.А.)

_____ (Горячева И.Г.)

главный научный сотрудник,
доктор физико-математических наук,
профессор по кафедре, академик
старший научный сотрудник,
кандидат технических наук

_____ (Ковальков В.К.)

ведущий научный сотрудник,
доктор физико-математических наук

_____ (Коршунов А.Б.)

ведущий специалист
научный сотрудник, кандидат
технических наук

_____ (Малюкова Е.К.)

_____ (Назаров В.В.)

ведущий специалист
старший научный сотрудник,
кандидат технических наук

_____ (Соколов А.В.)

_____ (Терауд В.В.)

научный сотрудник, кандидат
химических наук

_____ (Филиппов Я.Ю.)

старший научный сотрудник,
кандидат физико-математических наук

_____ (Фомин Л.В.)

РЕФЕРАТ

Ключевые слова:

композиты, ползучесть, длительная прочность, технологические задачи, поврежденность, образование шейки, эксперименты, кинетическая теория, металлы, осадка цилиндров, агрессивная среда

Ключевые слова по-английски:

kinetic theory, creep rupture, experiments, metals, creep, polymers, aggressive environment, neck-form, upsetting of cylinders, composites, technological problems, damage

1. Моделировано влияние формы поверхностного рельефа вязкоупругого тела на контактные характеристики и силу трения при взаимодействии с жестким движущимся штампом (Горячева И.Г.). 2. С помощью кинетической теории проведено моделирование известных результатов испытаний на длительную прочность в условиях нестационарного сложного напряженного состояния (Локощенко А.М.). 3. Исследовано осаживание с учетом трения составного цилиндра, состоящего из сплошного внутреннего цилиндра и окаймляющего его полого цилиндра, высоты обоих цилиндров совпадают. С помощью вариационного метода определена программа нагружения цилиндра, которая при определенных условиях обеспечивает минимальное значение работы внешней сжимающей силы (Локощенко А.М.). 4. На основе проведенного в 2017 г. обзора известных работ в области моделирования процессов взаимодействия агрессивной среды с материалами и элементами конструкций разработана фундаментальная система определяющих и кинетических соотношений для моделирования влияния агрессивной коррозионно-активной среды на ползучесть и длительную прочность материалов и элементов конструкций (Локощенко А.М., Фомин Л.В., Басалов Ю.Г.). 5. Решены две модельные задачи: задача о разрушении в процессе ползучести растягиваемого стержня и задача о разрушении в процессе ползучести тонкостенной цилиндрической оболочки (трубки) под действием комбинации растягивающей силы и внутреннего давления. Эти типовые элементы конструкций подвергаются влиянию коррозионно-активной агрессивной среды (Локощенко А.М., Фомин Л.В.). 6. Исследована нестационарная одномерная диффузия окружающей среды вдоль толщины длинной цилиндрической оболочки (Локощенко А.М., Далинкевич А.А., Фомин Л.В.). 7. Решена задача о ползучести длинной прямоугольной мембраны внутри жесткой матрицы прямоугольного поперечного сечения при кусочно-постоянной зависимости скорости поперечного давления от времени (Локощенко А.М., Абросимова Е.А.). 8. а) Проведен цикл экспериментально-теоретических исследований локализации деформаций ползучести в титановом сплаве ВТ-6 при непрерывной длительности одного испытания от нескольких суток до нескольких недель. Проведено сравнение результатов теоретических решений с экспериментальными данными, полученными разработанным бесконтактным методом измерения деформаций. б) Решена задача выявления статистически достоверного критерия длительной прочности материалов при различных видах причин, порождающих явление локализации деформации. в) Разработан второй пакет программ для анализа результатов испытаний цилиндрических образцов и получен со-

ответствующий патент (Терауд В.В.). 9. Предложен новый метод вычисления предельных механических характеристик процесса ползучести. Этот метод основан на том, что неизвестные параметры материала определяются из аппроксимации экспериментальных данных установившейся ползучести и длительной прочности. В качестве аппроксимации будет рассмотрена дробно-степенная функция с четырьмя параметрами материала, два из которых имеют физический смысл предела ползучести и предела кратковременной прочности. Необходимые вычисления выполнены для опытных данных, полученных для титанового сплава ВТ6 при температуре 650°C (Назаров В.В.). 10. Получены результаты по специальной теме (Коршунов А.Б.). 11. Получена интегральная формула представление решения дифференциального уравнения общего вида в частных производных с переменными коэффициентами, зависящими от координат и времени, через решение такого же уравнения с постоянными коэффициентами. При выводе интегральной формулы существенно использована индексная форма записи уравнений с применением четырёхмерной нотации, в которой время входит в уравнения как четвёртая координата. (Горбачёв В.И.) 12. Дана постановка задачи в инженерной теории продольно поперечного изгиба неоднородного стержня с переменным поперечным сечением, основанной на классической гипотезе плоских сечений Бернулли-Эйлера. Показано, что предлагаемая постановка является нулевым приближением более общего подхода, основанного на интегральных формулах. (Горбачёв В.И., Мельник Т.М.) 13. Подробно рассмотрена постановка задачи об изгибе пластины переменной толщины из неоднородного анизотропного материала. Для сведения трёхмерной задачи к двумерной использована гипотеза прямой недеформируемой нормали Кирхгофа-Лява. Получены простые аналитические формулы для тензоров продольной и изгибной жёсткостей, а также для тензора жёсткости взаимного влияния. (Горбачёв В.И., Кабанова Л.А.) 14. Рассмотрена первая специальная краевая задача (СКЗ) теории упругости неоднородного тела, из решения которой находятся эффективные коэффициенты упругости. Показано, что решение первой СКЗ, а значит и эффективные коэффициенты упругости, выражаются через интегралы от тензора Грина. Интегралы от тензора Грина по одной из переменных названы структурными функциями. Показано, что в неоднородном теле с периодической структурой можно выделить пограничный слой, разделяющий области периодических значений структурных функций от непериодических. Толщина этого слоя порядка характерного размера ячейки периодичности. Доказано, что тензор эффективных модулей упругости удовлетворяет всем условиям симметрии и положительной определённости. Подробно рассмотрен случай неоднородной по толщине, бесконечной в плане плиты. (Горбачёв В.И.) 15. Разработана методика получения пористых 3-D конструкций заданной архитектуры на основе фосфатов кальция для замещения поврежденных участков костной ткани совместным использованием аддитивных технологий и коллоидного формования. (Филиппов Я.Ю., Ковальков В.К.) 16 Предложено решение проблемы получения керамических материалов на основе пирофосфата кальция путем введения добавок, обеспечивающих образование расплава и, как следствие, обеспечивающих жидкофазное спекание. (Филиппов Я.Ю., Ковальков В.К.) 17. Проведены испытания плотных керамических материалов, полученных с использованием жидкофазного спекания, на основе пирофосфата кальция, а также 3-D конструкции аналогичного состава. (Филиппов

Я.Ю., Ковальков В.К.) 18. Проведена модернизация испытательной установки ИМЕХ-ВТР4 (высокотемпературное растяжение, при нагрузке до 50кН и температуре до 1600оС) в части управления скоростью деформирования, определены динамические параметры управления для данной установки для блока БУСД. (Ковальков В.К., Соколов А.В., Коткина А.И.). 19. Проведена модернизация испытательной установки ИМЕХ-БИО (при нагрузке до 10кН в нормальных условиях) в части управления скоростью деформирования, определены динамические параметры управления для данной установки для блока БУСД. (Ковальков В.К., Филиппов Я.Ю.). 20. Разработана и изготовлена система температурной стабилизации и управления для муфельной печи СНОЛ-1,6.2,0.0,8/9-М1 для температур до 900° С. (Ковальков В.К., Соколов А.В., Филиппов Я.Ю., Коткин А.И.). 21. Проведены экспериментальные исследования механических свойств образцов (более 50 шт из плотных полимерных материалов, изготовленные на 3-Д принтере) в опытах на сжатие с различной скоростью нагружения (Ковальков В.К., Филиппов Я.Ю.) 22. Проведены экспериментальные исследования механических свойств берцовой кости крысы линии Vistar с устройством временной фиксации (10 к-тов) в опытах на изгиб на установке ИМЕХ-БИО (Ковальков В.К., Филиппов Я.Ю., Коткин А.И.)

ВВЕДЕНИЕ

1. Трибология. 1.1. Получено решение контактной задачи о скольжении жесткого штампа в виде полусферы по вязкоупругому полупространству, обладающему поверхностным рельефом, и проведен анализ влияния параметров рельефа и механических характеристик полупространства на размер и форму области контакта, распределение контактных давлений, а также на величину деформационной составляющей силы трения при разных скоростях скольжения штампа.

2. Ползучесть и длительная прочность металлов, специальная тема. 2.1. Необходимо разработать фундаментальную систему определяющих и кинетических соотношений для моделирования влияния агрессивной коррозионно-активной среды на ползучесть и длительную прочность материалов и элементов конструкций. 2.2. С помощью кинетической теории моделируются известные результаты испытаний на длительную прочность в условиях нестационарного сложного напряженного состояния. 2.3. В предыдущие годы была исследована осадка цилиндра в условиях ползучести при различных программах нагружения. В 2018 г. это решение распространено на ползучесть составных цилиндров. Исследовано осаживание с учетом трения составного цилиндра, состоящего из сплошного внутреннего цилиндра и окаймляющего его полого цилиндра, высоты обоих цилиндров совпадают. Определена программа осаживания цилиндра, приводящая при определенных условиях к минимальному значению работы внешней силы. 2.4. Представляет интерес получить решение двух модельных задач о разрушении в процессе ползучести растягиваемого стержня и тонкостенной цилиндрической оболочки (трубки) под действием комбинации растягивающей силы и внутреннего давления при учете влияния агрессивной коррозионно-активной среды. 2.5. Необходимо исследовать задачу об установившейся ползучести длинной прямоугольной мембраны в стесненных условиях внутри жесткой матрицы при кусочно-постоянной зависимости скорости поперечного давления от времени. Поставлена задача изучения особенностей заполнения матрицы при различных контактных условиях. 2.6. В результате проведенных экспериментов получены новые данные об особенностях ползучести и длительной прочности титанового сплава. Изучены момент образования локализации деформаций и дальнейшее ее развитие в материале. Все данные измерены в процессе натурального эксперимента нагретого образца, а испытания каждого образца будут проводиться длительное время – сутки и недели. В теоретической части проекта предложены новые функциональные представления для определяющих соотношений, описывающих процессы деформирования и разрушения при ползучести. Планируется разработать модели, в основе которых имеется возможность описания разрушения. На основе полученных экспериментальных данных предполагается выявить статистически верные критерии появления и развития локализации деформации. Проведена разработка программной среды для анализа экспериментальных данных испытаний цилиндрических образцов. 2.7. Предложены методы моделирования ползучести металлов. Проведен анализ погрешностей суммарного расхождения опытных данных относительно аппроксимирующих значений. Поставлена задача определить, какую из предложенных аппроксимаций лучше использовать при вычислении предела ползучести и предела кратковременной прочности. 2.8. Получены ре-

зультаты по специальной теме.

3. Прочность и ползучесть при высоких температурах 3.1. Получена интегральная формула представление решения дифференциального уравнения общего вида в частных производных с переменными коэффициентами, зависящими от координат и времени, через решение такого же уравнения с постоянными коэффициентами. 3.2. Дана постановка задачи в инженерной теории продольно поперечного изгиба неоднородного стержня с переменным поперечным сечением, основанной на классической гипотезе плоских сечений Бернулли-Эйлера. 3.3. Подробно рассмотрена постановка задачи об изгибе пластины переменной толщины из неоднородного анизотропного материала. 3.4. Рассмотрена первая специальная краевая задача (СКЗ) теории упругости неоднородного тела, из решения которой находятся эффективные коэффициенты упругости. Показано, что решение первой СКЗ, а значит и эффективные коэффициенты упругости, выражаются через интегралы от тензора Грина. 3.5. Разработана методика получения пористых 3-D конструкций заданной архитектуры на основе фосфатов кальция для замещения поврежденных участков костной ткани совместным использованием аддитивных технологий и коллоидного формования. 3.6. Предложено решение проблемы получения керамических материалов на основе пирофосфата кальция путем введения добавок, обеспечивающих образование расплава и, как, следствие, обеспечивающих жидкофазное спекание. 3.7. Проведены испытания плотных керамических материалов, полученных с использованием жидкофазного спекания, на основе приофосфата кальция, а также 3-D конструкции аналогичного состава. 3.8. Проведена модернизация испытательной установки ИМЕХ-ВТР4 части (высокотемпературное растяжение, при нагрузке до 50кН и температуре до 1600° С) в управления скоростью деформирования, определены динамические параметры управления для данной установки для блока БУСД. 3.9. Проведена модернизация испытательной установки ИМЕХ-БИО (при нагрузке до 10кН в нормальных условиях) в части управления скоростью деформирования, определены динамические параметры управления для данной установки для блока БУСД. (Ковальков В.К., Филиппов Я.Ю.). 3.10. Разработана и изготовлена система температурной стабилизации и управления для муфельной печи СНОЛ-1,6.2,0.0,8/9-М1 для температур до 900° С. 3.11. Проведены экспериментальные исследования механических свойств образцов (более 50 шт из плотных полимерных материалов, изготовленные на 3-Д принтере) в опытах на сжатие с различной скоростью нагружения 3.12. Проведены экспериментальные исследования механических свойств берцовой кости крысы линии Vistar с устройством временной фиксации (10 к-тов) в опытах на изгиб на установке ИМЕХ-БИО

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. Трибология.

1.1. Проведено моделирование влияния формы поверхностного рельефа вязкоупругого тела на контактные характеристики и силу трения при взаимодействии с жестко движущимся штампом (Горячева И.Г.). 1.2. Решена динамическая задача о качении с проскальзыванием упругого цилиндра по упругому полупространству (Горячева И.Г.). 1.3. Исследовано влияние остаточных напряжений на процесс накопления контактно-усталостных повреждений в условиях трения качения (Горячева И.Г.).

2. Ползучесть и длительная прочность металлов, специальная тема.

2.1. Опубликован перевод монографии Локощенко А.М. Ползучесть и длительная прочность металлов. - М.: Физматлит, 2016. 504 с. на английский язык: Lokoshchenko A.M. Creep and long-term strength of metals. CISP. CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca. Raton. London. New York. 2018. 545 P. 2.2. С помощью кинетической теории моделируются известные результаты испытаний на длительную прочность в условиях нестационарного сложного напряженного состояния. При описании экспериментальных данных используется векторный параметр поврежденности с кусочно-постоянной скоростью накопления повреждений. Моделируется длительная прочность трубчатых образцов при одновременном действии постоянного осевого напряжения и касательного напряжения, однократно или циклически меняющего знак. Предложен вариант кинетической теории Ю.Н. Работнова при дополнительном учете анизотропии материала. Моделирование длительной прочности при скачкообразном изменении интенсивности напряжений проведено двумя способами. Все варианты предложенных кинетических уравнений приводят к хорошему соответствию экспериментальных и теоретических значений времен до разрушения (Локощенко А.М.). 2.3. Исследовано осаживание с учетом трения составного цилиндра, состоящего из сплошного внутреннего цилиндра и окаймляющего его полого цилиндра, высоты обоих цилиндров совпадают. Принимается, что оба цилиндра деформируются без бочкообразования, трение торцов цилиндров с плоскостями пресса описывается законом Кулона. Основным интересом является значение работы внешней сжимающей силы на перемещениях торцов цилиндра. Рассматривается осаживание составного цилиндра на одну и ту же величину за одну и ту же длительность с помощью различных программ нагружения. С помощью вариационного подхода определена оптимальная программа осаживания, при которой работа внешней силы минимальна. Вычисления показали, что соответствующая работа внешней силы отличается от работы, затраченной при кинематической программе, на сотые и тысячные доли процента (Локощенко А.М.). 2.4. Исследовано осаживание составных цилиндров в условиях ползучести при различных программах нагружения без учета трения. Принято, что уравнения установившейся ползучести внутреннего сплошного цилиндра и внешнего полого цилиндра описываются степенными моделями с одинаковым показателем степени и различными значениями коэффициентов. При отсутствии трения все характеристики напряженно-деформированного состояния не зависят от осевой координаты (т.е. бочкообразование отсутствует). На основе вариационного подхода определена оптимальная программа осаживания цилиндра при минимально возможной работе внешней сжимающей силы. Установлено, что работа,

затраченная при оптимальной программе нагружения, отличается от соответствующей работы, затраченной при кинематической программе, на сотые и тысячные доли процента. Поэтому в технологических процессах осадки целесообразно использовать кинематическую программу нагружения (Локощенко А.М.).

2.5. Исследовано длительное разрушение растягиваемого стержня, находящегося в условии диффузионного и химического взаимодействия с агрессивной средой. Для решения задачи разработана механико-математическая модель, включающая модифицированное уравнение диффузии, кинетическое уравнение накопления повреждений и соотношение для параметра химического взаимодействия. Рассматривается многостадийность процесса разрушения, связанная с последовательным разрушением коррозионных слоев и соответствующим увеличением эффективного напряжения. Время до разрушения стержня рассчитывается на основе критерияльного или кинетического подходов (Локощенко А.М., Фомин Л.В., Басалов Ю.Г.).

2.6. Проведен обзор ряда научных работ в области моделирования процессов взаимодействия агрессивной среды с материалами и элементами конструкций и их поведение под действием нагрузок. Исследуемые явления описываются с использованием теоретико-экспериментальных методов для дальнейшего прогнозирования кратковременных и длительных прочностных характеристик материалов и элементов конструкций, подверженных влиянию агрессивной среды. Используется междисциплинарный научный подход, учитывающий как физико-химическое взаимодействие агрессивной среды с материалами, так и систематизацию механико-математических (феноменологических) моделей. Основное внимание при этом уделяется изучению и моделированию высокотемпературного коррозионного разрушения материалов и элементов конструкций. Учитываются диффузионное проникновение агрессивной среды и химическое взаимодействие ее элементов с материалом. Представлены исследования влияния на процессы коррозии различных факторов: жидкометаллических сред и радиационного облучения; пленки окислов, образующейся на поверхности, подверженной коррозии; анализа процессов растрескивания под напряжением нержавеющей сталей в условиях водородного охрупчивания; а также исследования зависимости скорости коррозии от напряженного состояния при упругопластических деформациях. Приведены публикации с различными вариантами феноменологических моделей процессов коррозионного износа, потери пластичности и охрупчивания в агрессивных средах, публикации, использующие вероятностно-статистический подход к моделированию коррозионного разрушения. Предложен обширный список известных литературных источников, которые отражают научные исследования с учетом всех различных аспектов взаимодействия материала с агрессивной средой (Локощенко А.М., Фомин Л.В.).

2.7. Исследована нестационарная одномерная диффузия агрессивной окружающей среды вдоль толщины длинной цилиндрической оболочки. Данные о концентрации среды на внешней поверхности оболочки и коэффициенте диффузии заданы в виде кусочно-постоянных зависимостей от времени. Получены распределение концентрации среды по координате вдоль толщины оболочки и зависимости интегрально средней концентрации от времени. Расчет концентрации агрессивной среды в оболочке проведен вплоть до длительности 5 лет. Проведено сравнение полученных результатов с результатами расчета для непрерывных зависимостей концентрации среды на границе и коэффициента диффузии от вре-

мени. На основе кинетической теории ползучести и длительной прочности Ю.Н. Работнова показан способ прогнозирования длительных свойств элементов конструкций в агрессивной среде (Локощенко А.М., Далинкевич А.А., Фомин Л.В.). 2.8. Исследована задача об установившейся ползучести длинной прямоугольной мембраны в стесненных условиях внутри жесткой матрицы при кусочно-постоянной зависимости скорости поперечного давления от времени. В качестве примера исследуется ползучесть мембраны при однократном изменении скорости поперечного давления во времени. Рассматриваются два варианта условий контакта мембраны и матрицы: идеальное скольжение и прилипание. Анализ проводится до времени практически полного заполнения матрицы мембраной. Получены зависимости толщины различных частей мембраны от времени, а также интенсивности напряжений в мембране от времени. Применительно к данной постановке задачи рассмотрены отклонения от правила суммирования парциальных времен (Локощенко А.М., Абросимова Е.А.). 2.9. Получены новые результаты экспериментально-теоретических исследований локализации деформаций при ползучести. Проведена большая серия экспериментов на ползучесть и длительную прочность титановых образцов при температуре 450°C при постоянной нагрузке в течение от двух суток до двух недель. Для каждого эксперимента определен момент времени, в который появляется шейка. Получено свидетельство на разработанную программу для обработки фотографий, полученных из экспериментов по растяжению цилиндрических образцов. Разработана теоретическая модель локализации деформаций на основе постулата Друккера (Терауд В.В.). 2.10. Предложена методика вычисления предельных напряжений, характеризующих процесс ползучести, по известным опытным данным установившейся ползучести и длительной прочности. Предложена методика экспериментального исследования на непробиваемость корпуса вентилятора авиационного двигателя с учетом управляемого обрыва лопатки. Установлены из экспериментов физические свойства теплозащитных керамических покрытий лопаток газотурбинных авиационных двигателей (Назаров В.В.). 2.11. Получены результаты по специальной теме (Коршунов А.Б.).

3. Прочность и ползучесть при высоких температурах.

3.1. Получена интегральная формула представление решения дифференциального уравнения общего вида в частных производных с переменными коэффициентами, зависящими от координат и времени, через решение такого же уравнения с постоянными коэффициентами. При выводе интегральной формулы существенно использована индексная форма записи уравнений с применением четырёхмерной нотации, в которой время входит в уравнения как четвёртая координата. (Горбачёв В.И.) 3.2. Дана постановка задачи в инженерной теории продольно поперечного изгиба неоднородного стержня с переменным поперечным сечением, основанной на классической гипотезе плоских сечений Бернулли-Эйлера. Показано, что предлагаемая постановка является нулевым приближением более общего подхода, основанного на интегральных формулах. (Горбачёв В.И., Мельник Т.М.) 3.3. Подробно рассмотрена постановка задачи об изгибе пластины переменной толщины из неоднородного анизотропного материала. Для сведения трёхмерной задачи к двумерной использована гипотеза прямой недеформируемой нормали Кирхгофа-Лява. Получены простые аналитические формулы для тензоров продольной и изгибной жёсткостей, а также для тензора жёст-

кости взаимного влияния. (Горбачёв В.И., Кабанова Л.А.) 3.4. Рассмотрена первая специальная краевая задача (СКЗ) теории упругости неоднородного тела, из решения которой находятся эффективные коэффициенты упругости. Показано, что решение первой СКЗ, а значит и эффективные коэффициенты упругости, выражаются через интегралы от тензора Грина. Интегралы от тензора Грина по одной из переменных названы структурными функциями. Показано, что в неоднородном теле с периодической структурой можно выделить пограничный слой, разделяющий области периодических значений структурных функций от непериодических. Толщина этого слоя порядка характерного размера ячейки периодичности. Доказано, что тензор эффективных модулей упругости удовлетворяет всем условиям симметрии и положительной определённости. Подробно рассмотрен случай неоднородной по толщине, бесконечной в плане плиты. (Горбачёв В.И.) 3.5. Разработана методика получения пористых 3-D конструкций заданной архитектуры на основе фосфатов кальция для замещения поврежденных участков костной ткани совместным использованием аддитивных технологий и коллоидного формования. (Филиппов Я.Ю., Ковальков В.К.) 3.6. Предложено решение проблемы получения керамических материалов на основе пирофосфата кальция путем введения добавок, обеспечивающих образование расплава и, как следствие, обеспечивающих жидкофазное спекание. (Филиппов Я.Ю., Ковальков В.К.) 3.7. Проведены испытания плотных керамических материалов, полученных с использованием жидкофазного спекания, на основе пирофосфата кальция, а также 3-D конструкции аналогичного состава. (Филиппов Я.Ю., Ковальков В.К.) 3.8. Проведена модернизация испытательной установки ИМЕХ-ВТР4 (высокотемпературное растяжение, при нагрузке до 50кН и температуре до 1600° С) в части управления скоростью деформирования, определены динамические параметры управления для данной установки для блока БУСД. (Ковальков В.К., Соколов А.В., Коткин А.И.). 3.9. Проведена модернизация испытательной установки ИМЕХ-БИО (при нагрузке до 10кН в нормальных условиях) в части управления скоростью деформирования, определены динамические параметры управления для данной установки для блока БУСД. (Ковальков В.К., Филиппов Я.Ю.). 3.10. Разработана и изготовлена система температурной стабилизации и управления для муфельной печи СНОЛ-1,6.2,0.0,8/9-М1 для температур до 900° С. (Ковальков В.К., Соколов А.В., Филиппов Я.Ю., Коткин А.И.). 3.11. Проведены экспериментальные исследования механических свойств образцов (более 50 шт из плотных полимерных материалов, изготовленные на 3-Д принтере) в опытах на сжатие с различной скоростью нагружения (Ковальков В.К., Филиппов Я.Ю.) 3.12. Проведены экспериментальные исследования механических свойств берцовой кости крысы линии Vistar с устройством временной фиксации (10 к-тов) в опытах на изгиб на установке ИМЕХ-БИО (Ковальков В.К., Филиппов Я.Ю., Коткин А.И.)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научно-исследовательские работы по теме «Деформирование и разрушение изотропных, анизотропных и неоднородных материалов в широком диапазоне температур» (регистрационный номер: АААА-А16-116021110204-3) выполнены в срок и в достаточном объеме.

1. Моделировано влияние формы поверхностного рельефа вязкоупругого тела на контактные характеристики и силу трения при взаимодействии с жестким движущимся штампом (Горячева И.Г.).

2. С помощью кинетической теории моделируются известные результаты испытаний на длительную прочность в условиях нестационарного сложного напряженного состояния (Локощенко А.М.).

3. Исследовано осаждение с учетом трения составного цилиндра, состоящего из сплошного внутреннего цилиндра и окаймляющего его полого цилиндра, высоты обоих цилиндров совпадают. С помощью вариационного метода определена программа нагружения цилиндра, которая при определенных условиях обеспечивает минимальное значение работы внешней сжимающей силы (Локощенко А.М.).

4. На основе проведенного в 2017 г. обзора известных работ в области моделирования процессов взаимодействия агрессивной среды с материалами и элементами конструкций разработана фундаментальная система определяющих и кинетических соотношений для моделирования влияния агрессивной коррозионно-активной среды на ползучесть и длительную прочность материалов и элементов конструкций (Локощенко А.М., Фомин Л.В.).

5. Решены две модельные задачи: задача о разрушении в процессе ползучести растягиваемого стержня и задача о разрушении в процессе ползучести тонкостенной цилиндрической оболочки (трубки) под действием комбинации растягивающей силы и внутреннего давления. Эти типовые элементы конструкций подвергаются влиянию коррозионно-активной агрессивной среды (Локощенко А.М., Фомин Л.В.).

6. Решена задача о ползучести длинной прямоугольной мембраны внутри жесткой матрицы прямоугольного поперечного сечения при кусочно-постоянной зависимости скорости поперечного давления от времени (Локощенко А.М., Абросимова Е.А.).

7. а) Проведен цикл экспериментально-теоретических исследований локализации деформаций ползучести в титановом сплаве ВТ-6 при непрерывной длительности одного испытания от нескольких суток до нескольких недель. Проведено сравнение результатов теоретических решений с экспериментальными данными, полученными разработанным бесконтактным методом измерения деформаций.

б) Решена задача выявления статистически достоверного критерия длительной прочности материалов при различных видах причин, порождающих появление локализации деформации. в) Разработан второй пакет программ для анализа результатов испытаний цилиндрических образцов и получен соответствующий патент (Терауд В.В.).

8. Предложен новый метод вычисления предельных механических характеристик процесса ползучести. Этот метод основан на том, что неизвестные параметры материала определяются из аппроксимации экспериментальных данных установившейся ползучести и длительной прочности. В качестве аппроксимации будет рассмотрена дробно-степенная функция с че-

тырьмя параметрами материала, два из которых имеют физический смысл предела ползучести и предела кратковременной прочности. Необходимые вычисления выполнены для опытных данных, полученных для титанового сплава ВТ6 при температуре 650°C (Назаров В.В.).

9. Получены результаты по специальной теме.

10. Получена интегральная формула представление решения дифференциального уравнения общего вида в частных производных с переменными коэффициентами, зависящими от координат и времени, через решение такого же уравнения с постоянными коэффициентами (Горбачёв В.И.)

11. Дана постановка задачи в инженерной теории продольно поперечного изгиба неоднородного стержня с переменным поперечным сечением, основанной на классической гипотезе плоских сечений Бернулли-Эйлера (Горбачёв В.И., Мельник Т.М.)

12. Подробно рассмотрена постановка задачи об изгибе пластины переменной толщины из неоднородного анизотропного материала. Получены простые аналитические формулы для тензоров продольной и изгибной жёсткостей, а также для тензора жёсткости взаимного влияния. (Горбачёв В.И., Кабанова Л.А.)

13. Рассмотрена первая специальная краевая задача (СКЗ) теории упругости неоднородного тела, из решения которой находятся эффективные коэффициенты упругости. Показано, что решение первой СКЗ, а значит и эффективные коэффициенты упругости, выражаются через интегралы от тензора Грина (Горбачёв В.И.)

14. Разработана методика получения пористых 3-D конструкций заданной архитектуры на основе фосфатов кальция для замещения поврежденных участков костной ткани совместным использованием аддитивных технологий и коллоидного формования. (Филиппов Я.Ю., Ковальков В.К.)

15. Предложено решение проблемы получения керамических материалов на основе пирофосфата кальция путем введения добавок, обеспечивающих образование расплава и, как следствие, обеспечивающих жидкофазное спекание. (Филиппов Я.Ю., Ковальков В.К.)

16. Проведены испытания плотных керамических материалов, полученных с использованием жидкофазного спекания, на основе пирофосфата кальция, а также 3-D конструкции аналогичного состава. (Филиппов Я.Ю., Ковальков В.К.)

17. Проведена модернизация испытательной установки ИМЕХ-ВТР4 (высокотемпературное растяжение, при нагрузке до 50кН и температуре до 1600° С) в части управления скоростью деформирования, определены динамические параметры управления для данной установки для блока БУСД. (Ковальков В.К., Соколов А.В., Коткина А.И.).

18. Проведена модернизация испытательной установки ИМЕХ-БИО (при нагрузке до 10кН в нормальных условиях) в части управления скоростью деформирования, определены динамические параметры управления для данной установки для блока БУСД. (Ковальков В.К., Филиппов Я.Ю.).

19. Разработана и изготовлена система температурной стабилизации и управления для муфельной печи СНОЛ-1,6.2,0.0,8/9-М1 для температур до 900° С. (Ковальков В.К., Соколов А.В., Филиппов Я.Ю., Коткин А.И.).

20. Проведены экспериментальные исследования механических свойств образцов (более 50 шт из плотных полимерных материалов, изготовленные на 3-Д принтере) в опытах на сжатие с различной скоростью нагружения

(Ковальков В.К., Филиппов Я.Ю.)

21. Проведены экспериментальные исследования механических свойств берцовой кости крысы линии Vistar с устройством временной фиксации (10 к-тов) в опытах на изгиб на установке ИМЕХ-БИО (Ковальков В.К., Филиппов Я.Ю., Коткин А.И.)

2016 г.

1. Для описания эффекта самосмазывания построена модель образования защитной поверхностной пленки при фрикционном взаимодействии сплавов.

2. Проведен цикл исследований ползучести и длительной прочности металлов. Исследована длительная прочность трубчатых образцов при постоянном осевом напряжении и знакопеременном касательном напряжении; предложено моделирование известных результатов испытаний, которое приводит к хорошему соответствию экспериментальных и теоретических значений времен до разрушения. Изучено длительное разрушение прямоугольной пластины, находящейся при последовательном изгибе в разных плоскостях, с учетом влияния агрессивной окружающей среды; приведено сравнение значений времен до разрушения, соответствующих скалярному и векторному параметрам поврежденности. Рассмотрена длительная прочность стержней, растягиваемых в агрессивной среде; получена зависимость времени до разрушения стержней от формы их поперечного сечения. Исследована ползучесть трехслойного составного растягиваемого стержня в условиях воздействия агрессивной среды, составные части стержня различаются характеристиками ползучести и значениями коэффициентов диффузий, получены зависимости напряжений в разных частях стержня от времени. Изучена осадка круговых цилиндров в условиях ползучести при различных программах нагружения, с помощью метода вариационного исчисления определена оптимальная программа нагружения, которая обеспечивает осаживание цилиндра на заданную величину за заданное время с минимально возможным уровнем работы внешней сжимающей силы. Проведено экспериментальное исследование локализации деформаций ползучести в растягиваемых образцах круговой и прямоугольной формы поперечного сечения; получено, что шейка в таких образцах появляется задолго до времени разрыва образцов. Приведены результаты экспериментально-теоретического исследования малоциклового и многоциклового усталости монокристаллов жаропрочного никелевого сплава ВЖМ-5.

3. На основе проведенного экспериментального исследования нелинейных релаксационных свойств эластомерных композитов показано, что использование нелинейного соотношения теории вязкоупругости и метода температурно-временной аналогии позволяет представить экспериментальные данные, полученные при растяжении и сжатии при различных значениях температуры в широком диапазоне деформаций, в виде единой обобщенной зависимости приведенного релаксационного модуля от приведенного времени. Принятые определяющие соотношения описывают нелинейные релаксационные свойства исследуемого эластомера при растяжении и сжатии с точностью около 10%, что не превышает естественный разброс механических характеристик материалов этого класса. Проведены механические испытания зернистых полимерных композитов на основе синтетического каучука в условиях плоского напряженного состояния в широком диапазоне интенсивности скоростей деформаций. Показано, что предель-

ные характеристики материалов существенно зависят от скорости деформирования. Предложено обобщение классического критерия прочности, заключающееся в нормировании главных напряжений, входящих в критериальное соотношение, на зависящую от скорости деформации прочность материала при растяжении. Проведена серия экспериментов по оценке жесткости носовой перегородки в зависимости от ее остаточной формы после хирургического лечения ряда заболеваний. Установлено, что наибольшей жесткостью и более высоким сопротивлением к деформации характеризуется перегородка с более широкой дорсальной частью страта с меньшей концентрацией напряжений в перегородке. Сохранение хрящевой дуги и более широкая дорсальная часть страта повышают общую устойчивость конструкции.

4.1. Решен ряд новых задач для неоднородных тел. Самыми важными результатами являются разработка теории сопротивления композиционных стержней и пластинок. Создание варианта обобщенной теории теплопроводности с конечной скоростью распространения тепловых возмущений. Необходима экспериментальная проверка полученных теоретических результатов.

4.2. Проведено экспериментальное исследование влияния на механические свойства вольфрамо-кобальтовых сплавов некоторых энергетических воздействий, применяемых для повышения износостойкости инструмента из данных сплавов. Получены результаты влияния 14-ти видов воздействия на кобальтосодержащий твердый сплав, применяемых для повышения износостойкости инструмента из данного сплава. Проведено более 500 опытов на трехточечный изгиб балочек из сплава ВК6в. Определены виды воздействия на твердый сплав, которые стабилизируют значения механических свойств. Обнаружен аномальный эффект резкого уменьшения предела прочности и модуля упругости для сплавов ВК6в и ВК8 после термообработки при температуре 150°C. Необходимо продолжить исследование данного эффекта.

4.3. Изучены механические характеристики реакционно-связанных материалов, а также апатитовых и брушитовых цементов на основе высокотемпературной фазы $\text{Ca}_2,5\text{Na}(\text{PO}_4)_2$. Показано, что в случае реакционно-связанного материала прочность при сжатии оказалась несколько ниже ожидаемой за счет растрескивания материала в процессе протекания реакции из-за значительного объемного эффекта. Прочность апатитового цемента соответствует реакционно-связанному материалу с аналогичной плотностью, а также обладает идентичной морфологией. Изучена кинетика набора прочности брушитового цемента при его твердении на воздухе, а также дано объяснение его достаточно высокой прочности с точки зрения его микроструктурных особенностей. В случае композитов трикальциевый фосфат/полимер увеличение доли неорганической компоненты приводит к увеличению жесткости и падению прочности материала. Для эффективного покрытия поверхности композита гидрофильным слоем необходимо использовать 5-кратный раствор SBF, причем образование нового слоя начинается с области, где на поверхность выходит ТКФ. Оптимальным временем обработки в плазме является 5 минут, так как далее происходит деструкция полимера. Необходимо продолжение этой работы.

2017 г.

1.1. Разработаны алгоритмы построения функции дополнительного сме-

щения шероховатой поверхности в случае двухуровневой волнистой поверхности, а также при пространственном расположении выступов шероховатой поверхности.

1.2. Изучена зависимость функции дополнительного смещения от параметров шероховатости (форма и плотность распределения неровностей), а также от сил адгезионного притяжения.

2.1. С помощью кинетической теории проведено моделирование известных результатов испытаний на длительную прочность в условиях нестационарного сложного напряженного состояния.

2.2. Рассмотрена задача о ползучести длинной прямоугольной мембраны под действием постоянного давления внутри П-образной жесткой матрицы. В качестве контактных условий выбраны случаи идеального скольжения и прилипания. Исследование проводится в четырех последовательных стадиях, первые две из которых относятся к свободному деформированию, две последующие – к стесненному.

2.3. С помощью вариационного подхода определена оптимальная программа осаживания составных цилиндров, при которой работа внешней силы минимальна.

2.4. Определено напряженно-деформированное состояние составного растягиваемого стержня при ползучести в условии воздействия на него агрессивной окружающей среды.

2.5. Проведен расчет нестационарной одномерной диффузии агрессивной окружающей среды вдоль толщины полимерной оболочки вплоть до 5 лет.

2.6. Исследовано длительное разрушение изгибаемой прямоугольной пластины при ползучести в условиях нестационарного сложного напряженного состояния с учетом влияния окружающей среды.

2.7. Принята в печать глава книги в иностранном издательстве, в которой рассматривается моделирование процесса ползучести и эффекта длительной прочности металлов, причем как при одноосном, так и сложном напряженном состоянии. Проведен обзор ряда научных работ в области моделирования процессов взаимодействия агрессивной среды с материалами и элементами конструкций, учитывающего явление коррозии.

2.8. Приведены результаты экспериментального исследования ползучести растягиваемых цилиндрических образцов из алюминиевого сплава при температуре 400 С. Рассмотрена проблема локализации деформаций в таких образцах при различных начальных растягивающих напряжениях. Проведен статистический анализ результатов испытаний растягиваемых плоских образцов при ползучести. На основании экспериментальных данных получен критерий определения времени локализации деформаций в цилиндрических и плоских образцах при растяжении при высокой температуре. Получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Определен интервал времени равномерного деформирования.

2.9. Приведены результаты экспериментальных исследований кратковременной ползучести трубчатых образцов титанового сплава BT1-0 под действием растягивающей силы и крутящего момента при температуре 550 С. Получены результаты по специальной теме.

3.1. Представлены результаты численного анализа схемы испытаний кольцевых образцов полимерных материалов при нагружении их внутренним давлением, которое задается в процессе сжатия вкладки из несжимае-

мого материала в полости испытуемого образца. Результаты численного моделирования использованы для оценки долговечности уплотняющих колец полиарилата, полученных литьем под давлением при различных значениях температуры.

3.2. Приведены результаты экспериментального исследования вязкоупругих свойств модельного эластомерного композита на основе синтетического каучука. Наполнителем в исследуемом материале является смесь дисперсных порошков окисей кальция и магния. Содержание наполнителя в материале составляет около 75% по объему. Для описания вязкоупругого поведения исследуемого материала приняты нелинейные определяющие соотношения теории вязкоупругости. Предложен приближенный метод расчета деформации при постоянном уровне напряжений. Показано, что принятые определяющие соотношения позволяют с удовлетворительной точностью описать ползучесть и релаксацию исследуемого композита при одноосном растяжении.

3.3. Получены результаты экспериментального исследования композиционного материала на основе полиметилметакрилата, наполненного мелкодисперсным порошком гипса. Степень наполнения композита составляла 30% по массе. Параметры принятого определяющего соотношения определены по экспериментальным кривым ползучести материала. Показано, что предлагаемый подход позволяет описать ступенчатую ползучесть исследуемого композита, при которой периоды роста деформации сменяются периодами обратной ползучести.

4.1. Самым важным результатом является открытие новой интегральной формулы представления решения исходного линейного дифференциального уравнения с переменными по координатам и времени коэффициентами через решение такого же уравнения с постоянными коэффициентами.

4.2. Важнейшим результатом является разработка нового подхода к построению инженерных теорий стержней и пластинок, использующих структурные функции композиционного материала.

4.3. Важным результатом является эффект упрочнения титановых сплавов ВТ20 и ВТ6С при нагреве до температуры 1200 С. Эффект наблюдается даже при нагреве на время $t \leq 10$ с. Предел кратковременной прочности для сплава ВТ20 увеличивается на 20%, а для сплава ВТ6С на 10%.

4.4. Важнейшим результатам являются успехи в разработке технологии повышения стойкости отечественного режущего инструмента. На данном этапе разработки технологии удалось существенно увеличить износостойкость режущих пластин выпускаемых АО «КЗТС», так проведенные испытания на предприятиях ПАО «РЖД» показали увеличение износостойкости пластин LNMX 301940 RT1 PC36XT более чем в 2 раза. Испытания режущих пластин T5K10 H30 SNUM на АО ЕВРАЗ МНТК показало увеличение износостойкости более чем в 3 раза. Испытание пластин ZPCW2004APTRM30 (фрезерные прямоугольные) производства Sandvik после обработки также показало увеличение стойкости в 3 раза, т.е. это возможность уменьшения закупок импортных режущих пластин.

4.5. Было показано, что использование водного раствора глицерина в качестве жидкости затворения приводит к значительному замедлению процессов схватывания, что необходимо для проведения коллоидного формования 3-D структур заданной архитектуры. При это оптимальная концентрация раствора составляет 60 %, что позволяет осуществлять работу с со-

ответствующей пастой в течение 30 минут. Было установлено, что схватывание осуществляется за счет образования достаточно мелких кристаллов брушита на поверхности исходных прекурсоров, срастание которых обеспечивает консолидацию материала. Прочность полученного реакционно-твердеющего материала составляет $5,5 \pm 0,4$ МПа, которой достаточно для сохранения формы получаемой конструкции в процессе удаления полимерной формы. Материалы, полученные в результате схватывания, подвергали отжигу при различных температурах для разложения полимера и дальнейшего спекания. Получаемая плотная керамика имеет невысокую прочность порядка 30 МПа и плотность $\sim 72\%$ от теоретической, что говорит о возможности оптимизации процесса спекания с целью улучшения характеристик макропористых материалов. В ходе работы также удалось получить конструкции с объемом пор до 80% и прочностью $\sim 0,8$ МПа.

Основные результаты представлены в публикациях, список которых приведен ниже (отдельно по годам: 2016, 2017, 2018, в следующем порядке: статьи, тезисы, отчеты, диссертации, патенты и свидетельства).

Список публикаций по теме

2016 г.

Монографии 2.1. Локощенко А.М. Ползучесть и длительная прочность металлов. - М.: Физматлит, 2016. 504 с.

Статьи 1.1. Трибология. Состояние и перспективы: сборник научных трудов. В 2 т. Т1. / под ред. И.Г. Горячевой и М.А. Броновца. - Уфа: РИК УГАТУ, 2016. - 435 с. ISBN 978-5-4221-0875-6 Тираж: 500 экз.

1.2. Алюминиевые сплавы антифрикционного назначения / Н.А. Белов, Е.И. Гершман, И.С. Гершман, И.Г. Горячева, Д.Л. Загорский, Е.Г. Котова, Ю.Ю. Маховская, А.М. Мезрин, А.Е. Миронов, Т.И. Муравьева, Б.Я. Сачек, О.О. Столярова, Е.В. Торская; под ред. А.Е. Миронова, Н.А. Белова, О.О. Столяровой - М.: Изд. Дом МИСиС, 2016. - 223 с. ISBN 978-5-906848-22-8. Тираж: 15 экз.

1.3. Горячева И.Г., Горячев А.П. Контактные задачи о скольжении штампа с периодическим рельефом по вязкоупругой полуплоскости. ПММ. 2016. т.80. вып.1. С.103-116.

1.4. Горячева И.Г., Горячев А.П., Лемехов В.В., Архипов О.П., Тарасов В.В., Лыс В.Ф. Оценка параметров закона изнашивания в среде аргона пары теплообменная труба- дистанционирующая решетка парогенератора РУ Брест-ОД 300. Трение и износ. 2016. т.37. №2. С.147-155.

1.5. Goryacheva Irina. Control of Friction by Surface Microgeometry Variation. In Dynamics and Control of Advances Structures and Machines (Eds by H.Irschik et al.). Springer. 2016. P.141-148 (RSF 14-29-00198).

1.6. Goryacheva Irina, Stepanov Feodor and Torskaya Elena. Effect of Friction in Sliding Contact of Sphere Over a Viscoelastic Half-space. In: Mathematical Modeling and Optimization of Complex Structures. Springer. 2016. P. 93-103.

2.2. Локощенко А.М., Фомин Л.В. Длительное разрушение пластин при переменных изгибающих моментах в присутствии агрессивной среды // Прикладная математика и механика. 2016. №2. С. 276-284.

2.3. Локощенко А.М. Применение векторного параметра поврежденности при моделировании длительной прочности металлов // Известия РАН. Механика твердого тела. 2016. №3. С. 93-99.

2.4. Локощенко А.М., Фомин Л.В. Влияние формы поперечного сечения растягиваемых стержней на длительную прочность в присутствии агрессив-

ной окружающей среды // ПМТФ. 2016. С. 35-44.

2.5. Локощенко А.М. Определение оптимальной программы осаживания цилиндров с учетом трения // Вестник машиностроения. 2016. С. 44-48.

2.6. Фомин Л.В. Установившаяся ползучесть составного стержня при растяжении в присутствии агрессивной среды. // Механика композитных материалов, издательство Зитанте (Рига). 2016. № 6. С.

2.7. Голубовский Е.Р., Артамонов М.А., Волков М.Е., Эммаусский Н.М., Шибяев С.А. // Усталость монокристаллов жаропрочного никелевого сплава вжм-5 при высоких температурах // Технология лёгких сплавов. 2016, №3, С. 3-10.

2.8. Назаров В.В., Лепешкин А.Р. Особенности формоизменения и разрушения прямоугольной пластины с круговым отверстием// Известия Волгоградского государственного технического университета "Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении" – Волгоград, 2016, № 2, С. 75-78.

2.9. Локощенко А.М. Моделирование длительной прочности металлов при сложном напряженном состоянии с помощью кинетической теории. Сб. трудов Межд. научн. симпозиума по проблемам механики деформируемых твердых тел, посвященного 105-летию со дня рождения А.А. Ильюшина (20-21.01.2016, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва). 2016. С. 371-374.

2.10. Локощенко А.М., Терауд В.В. Оптимальная программа осаживания цилиндров // Всеросс. научно-техн. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения В.И. Феодосьева (17-19. 05. 2016 г., Москва). Сборник тезисов. 2016. С. 88-92.

2.11. Локощенко А.М. Определение длительной прочности при нестационарном сложном напряженном состоянии с помощью кинетической теории // Труды международной конференции «Живучесть и конструкционное материаловедение». (М., ИМАШ, 26-28.X.2016 г.). 2016. С. 28-32.

3.1. Zezin Yu.P., Lomakin E.V. Nonlinear Effects in Deformation of Filled Elastomers with Nanodimensional Fillers. Mechanics of Solids. 2016. V. 51, No 3, p. 308-314.

3.2. Зезин Ю.П., Ломакин Е.В. Нелинейная релаксация напряжений в наполненных эластомерах при растяжении и сжатии. Упругость и неупругость. Материалы Международного научного симпозиума по проблемам механики деформируемых твердых тел, посвященного 105-летию со дня рождения А.А. ИЛЬЮШИНА. Москва, 20-21 января 2016 года. Издательство Московского университета. Москва-2016. С. 319-322.

4.1. Горбачев В. И. Инженерная теория сопротивления неоднородных стержней из композиционных материалов // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки. — 2016. — № 6. — С. 56-72.

4.2. Горбачев В. И. О собственных частотах продольных колебаний неоднородного стержня с переменным поперечным сечением // Вестник Московского университета. Серия 1: Математика. Механика. — 2016. — № 1. — С. 31-39.

4.3. Горбачев В. И. Метод осреднения Бахвалова-Победри в механике композитов // Вестник Московского университета. Серия 1: Математика. Механика. — 2016. — № 6. — С. 41-46.

4.4. Gorbachev V. I. Natural frequencies of longitudinal oscillations for a nonuniform variable cross-section rod // Moscow University Mechanics Bulletin.

— 2016. — Vol. 71, no. 1. — P. 7-15.

4.5. Горбачев В. И., Савичкин В. О. Интегральные формулы в задачах электроупругости неоднородных тел // УПРУГОСТЬ И НЕУПРУГОСТЬ. — Издательство Московского университета, Москва, 2016. — С. 294-297.

Тезисы

1.7. Goryacheva Irina, Makhovskaya Yuliya. Modeling of self-lubrication effect in friction interaction of multicomponent alloys. Advanced Problems in Mechanics. Book of Abstracts. St.Petersburg. Russia. 2016. P.55.

1.8. Goryacheva Irina. Effect of adhesion in contact interaction of the surfaces at micro- and nanoscales. Nanotechnology from Academy to Industry. 2016. Israel.

1.9. Goryacheva Irina. SURFACE PROPERTIES EFFECT IN CONTACT INTERACTION. Mini-Symposium TACTILE SENSOR. Tainan. 2016.

2.12. Терауд В.В. Момент образования шейки при растяжении круглых образцов при ползучести в натуральных экспериментах // Тез. док. Международная конференция “Живучесть и конструкционные материаловедение” (ЖивКом - 2016): материалы конференции. Москва. 26-28 октября 2016 г. М.: Изд-во ИМАШ РАН. 2016. С. 72.

2.13. Фомин Л.В. Анализ распределения напряжений в составном стержне в процессе ползучести в присутствии агрессивной среды. // В сборнике “Материалы конференции “Живучесть и конструкционное материаловедение” (ЖивКом-2016): материалы конференции. Москва. 26-28 октября 2016 г. М.: Изд-во ИМАШ РАН. 2016. С. 73-73.

2.14. Локощенко А.М. Описание результатов испытаний металлов на длительную прочность в условиях сложного напряженного состояния // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 18-27 апреля 2016 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. С. 119-120.

2.15. Локощенко А.М. Энергетический критерий эффективности различных программ осаживания цилиндров при ползучести // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 18-27 апреля 2016 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. С. 120.

2.16. Локощенко А.М., Терауд В.В. Экспериментальное исследование возникновения и развития шейки в растягиваемых образцах при ползучести // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 18-27 апреля 2016 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. С. 120-121.

2.17. Локощенко А.М., Фомин Л.В. О применении степенной модели ползучести и длительной прочности для определения времен до разрушения пластин при нестационарном сложном напряженном состоянии в присутствии агрессивной среды // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 18-27 апреля 2016 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. С. 121.

2.18. Фомин Л.В. Установившаяся ползучесть составного стержня при растяжении в присутствии агрессивной среды. // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 18-27 апреля 2016 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. 2016. С. 168-169.

2.19. Назаров В.В. Модель ползучести сплошного цилиндра при одноос-

ном растяжении // Тезисы докладов на конференции Актуальные проблемы физического материаловедения сталей и сплавов "XXIII Уральская школа металловедов термистов, посвященная 100-летию со дня рождения профессора А.А. Попова"-Тольятти, 2 - 6 февраля 2016, С. 39-40.

2.20. Голубовский Е.Р., Волков М.Е., Эммаусский Н.М., Шibaев С.А // Усталость никелевых сплавов для монокристаллических лопаток АГТД //Сб. тезисов докл. «Научно-техн. конгресс по двигателестроению (НТКД-2016)», Международный Форум Двигателестроения, Москва, 19-21 апреля 2016г., М., АССАД, 2016, с.147-149.(тезисы)

2.21. Голубовский Е.Р., Волков М.Е., Эммаусский Н.М., Шibaев С.А. // Экспериментальные исследования усталости монокристаллов никелевых сплавов для лопаток турбин авиационных газотурбинных двигателей//Материалы докл. Межд.научно-техн. конф. «Проблемы и перспективы развития двигателестроения», 22-24 июня 2016г., СГАУ, Самара, ч. 1, Самара, изд. «Новая техника», С. 190-191.

2.22. Голубовский Е.Р., Артамонов М.А., Волков М.Е. //Усталость монокристаллов никелевого сплава при повышенных температурах // Сб. тез. докл. - Научные чтения им. чл.-корр. АН СССР И.А. Одингга «Механические свойства современных конструкционных материалов», Москва, 6-7 сентября 2016г. // Сборник материалов. - М.: ИМЕТ РАН, 2016, С. 37

3.3. Зезин Ю.П. Экспериментальная оценка прочности зернистых полимерных композитов при сложном напряженном состоянии. Международная конференция «Живучесть и конструкционное материаловедение». (ЖивКом-2016) Материалы конференции. М: Изд-во ИМАШ РАН. 2016. С. 19.

3.4. Zezin Yu.P. Experimental investigation of the strength properties of particulate polymeric composites. AIP Conference Proceeding. 030036(2016). Doi: 10.1063/1.4967057.

3.5. Зезин Ю.П. Экспериментальное исследование предельных характеристик наполненных полимерных материалов при сложном напряженном состоянии. Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 18 - 27 апреля 2016 г. Издательство московского университета. 2016. С. 87.

3.6. Тишин П.В. Упруго пластическая граница в толстостенной трубе, нагруженной импульсом внутреннего давления. Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 18 - 27 апреля 2016 г. Издательство московского университета. 2016. С. 165.

3.7. Тишин П. В. Исследование распространения упругопластической границы в трубе из упруго-идеальнопластического материала под действием динамической нагрузки // III Международная Школа-конференция "Нелинейная динамика машин" - School-NDM 2016: Сборник трудов (Москва, 12 - 15 апреля 2016 г.). — ИМАШ РАН М, 2016. — С. 289-296.

3.8. Зезин Ю.П. Экспериментальное исследование механических характеристик зернистых полимерных композитов при сложном напряженном состоянии. Международная конференция «Механика, ресурс и диагностика материалов и конструкций». Сборник материалов. (Екатеринбург, 16-20 мая 2016). Екатеринбург ИМАШ УрО РАН. 2016. С. 361.

4.6. Горбачев В. И., Мельник Т. М. Применение интегральной формулы для построения инженерной теории изгиба упругого неоднородного стержня // УПРУГОСТЬ И НЕУПРУГОСТЬ. — Издательство Московского универ-

ситета, Москва, 2016. — С. 289-293.

4.7. Горбачев В.И., Кашкаров М.А. Эффективные неупругие свойства слоистого композита // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 18-27 апреля 2016 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. С. 62.

4.8. Горбачев В.И., Корсаков А.А. Осреднение связанной задачи термоупругости для неоднородного стержня // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 18-27 апреля 2016 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. С. 63.

4.9. Горбачев В.И., Мельник Т.М. Эффективные жесткости стержней неоднородных в поперечном сечении // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 18-27 апреля 2016 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. С. 63.

4.10. Горбачев В.И., Савичкин В.О. Об эффективных податливостях электромагнитоупругой среды // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 18-27 апреля 2016 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. С. 64.

4.11. Горбачев В.И., Сисев А.А. Динамическая устойчивость неоднородного стержня // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 18-27 апреля 2016 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. С. 64.

4.12. Горбачев В.И., Фирсов Л.Л. Изгиб многослойных пластин // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 18-27 апреля 2016 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. С. 65.

4.13. Гаделев Р.Р., Горбачев В.И. Концентрация напряжений в слоистой среде с эллиптическим отверстием // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 18-27 апреля 2016 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. С. 54.

4.14. Горбачев В. И. Инженерная теория неоднородных пластин из композиционных материалов // "Механика композиционных материалов и конструкций, сложных и гетерогенных сред". Тезисы докладов 6-ой Всероссийской научной конференции с международным участием им. И.Ф. Образцова и Ю.Г. Яновского. — Москва, ИПРИМ РАН, 2016. — С. 29-30.

4.15. Горбачев В. И. Инженерная теория сопротивления неоднородных стержней из композиционных материалов // Всероссийская научно-техническая конференция 17-19 мая 2016 года "Механика и математическое моделирование в технике", посвященная 100-летию со дня рождения Всеволода Ивановича Феодосьева. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. — С. 294-297.

4.16. Ковальков В.К., Соколов А.В., Филиппов Я.Ю. Механические свойства сплава ВК6 в при различных энергетических воздействиях. В сборнике Быстрозакаленные материалы и покрытия // Труды 14-й Международной научно-технической конференции. 29-30 ноября 2016г. МАИ, место издания ПРОБЕЛ-2000 Москва г. Москва, с. 212-215.

4.17. Ковальков В.К., Соколов А.Б., Беляев Б.Н. и др. Установка для обработки резцов из вольфрамо-кобальтовых сплавов. В сборнике Быстро-

закаленные материалы и покрытия//Труды 14-й Международной научно-технической конференции.29-30 ноября 2016г.МАИ, место издания ПРОБЕЛ-2000 Москва г. Москва, с. 216-218.

4.18. Коршунов А.Б., Ковальков В.К. Низкотемпературная обработка вольфрамкобальтовых сплавов. В сборнике Быстрозакаленные материалы и покрытия//Труды 14-й Международной научно-технической конференции.29-30 ноября 2016г.МАИ, место издания ПРОБЕЛ-2000 Москва г. Москва, с. 219-220.

4.19. Коршунов А.Б., Ковальков В.К. и др. Неперетачиваемый штамп из кобальтосодержащего твердого сплава с износостойким поверхностным слоем. В журнале. Официальный бюллетень ФИПС "Изобретения. Полезные модели", серия № 25 от 10.09.2016, место издания Роспатент г. Москва, с. 1-4.

4.20. Коршунов А.Б., Ковальков В.К. и др. Способ формирования износостойкого приповерхностного слоя в кобальтосодержащем твердосплавном изделии в виде штампа. В журнале. Официальный бюллетень ФИПС "Изобретения. Полезные модели", серия № 28 от 10.10.2016, место издания Роспатент г. Москва, с. 1-4.

4.21. Коршунов А.Б., Ковальков В.К. и др. Способ создания износостойкого приповерхностного слоя в кобальтосодержащем материале. В журнале. Официальный бюллетень ФИПС "Изобретения. Полезные модели", серия № 19 от 10.07.2016, место издания Роспатент г. Москва, с. 1-1.

4.22. Фадеева И.В., Гафуров М.Р., Филиппов Я.Ю., Давыдова Г.А., Савинцева, И.В., Фомин А.С., Петракова Н.В., Антонова О.С., Ахметов Л.И., Габбасов, Б.Ф., Изотов В.В., Орлинский С.Б., Баринов С.М., Медьзамещенные трикальцийфосфаты, Доклады Академии наук, 2016, том 471, № 6, с. 1-4.

4.23. Путляев В.И., Сафронова Т.В., Филиппов Я.Ю., Евдокимов П.В., Коллоидное формование реакционно-связанных кальцийфосфатных композитов, Материаловедение, 2016, № 6, с. 39-45.

4.24. Фадеева И.В., Селезнева И.И., Давыдова Г.А., Фомин А.С., Антонова О.С., Филиппов Я.Ю., Баринов С.М., КЕРАМИКА ИЗ ЖЕЛЕЗОЗАМЕЩЕННЫХ ТРИКАЛЬЦИЙФОСФАТОВ, Доклады Академии наук, 2016, том 486, № 2, с. 171-174.

4.25. Fadeeva I.V., Selezneva I.I., Davydova G.A., Fomin A.S., Antonova O.S., Filippov Ya Yu, Barinov S.M., Iron-Substituted Tricalcium Phosphate Ceramics, Doklady Chemistry, 2016, том 468, с. 159-161.

4.26. Safronova T.V., Mukhin E.A., Putlyaev V.I., Knotko A.V., Evdokimov P.V., Shatalova T.B., Filippov Ya Yu, Sidorov A.V., Karpushkin E.A., Amorphous calcium phosphate powder synthesized from calcium acetate and polyphosphoric acid for bioceramics application, Ceramics International (в печати).

4.27. Путляев В.И., Евдокимов П.В., Сафронова Т.В., Климашина Е.С., Филиппов Я.Ю. 3D-Печать остеокондуктивной биокерамики на основе $\text{Ca}_3\text{xM}_2\text{x}(\text{PO}_4)_2$, Научная конференция грантодержателей РФ «Фундаментальные химические исследования XXI-го века», 20-24 ноября 2016 г, с. 119-120.

4.28. Klimashina E.S., Zuev D.M., Evdokimov P.V., Putlayev V.I., Filippov Ya Yu, Biocomposites and bioceramics based on resorbable calcium phosphates with $\text{Ca/P} \leq 1.5$, Biomaterials for Healthcare. Biomaterials For Tissue And Genetic Engineering And The Role Of Nanotechnology, 2016, с. 379-38.

4.29. Filippov Ya Yu, Putlayev V.I., Klimashina E.S., Evdokimov P.E, HIGH-

TEMPERATURE $\text{Ca}_{2.5}\text{Na}_{0.5}(\text{PO}_4)_3$ PHASE BASED CEMENT AND CHEMICALLY-BONDED MATERIALS, Abstract of XX Mendeleev congress on general and applied chemistry, Chemistry and technology of materials and nanomaterials, 2016, том 2, с. 260-260.

4.30. Филиппов Я.Ю., Путляев В.И., Ковальков В.К., Соколов А.В., Ларионов Д.С., БИОРЕЗОРБИРУЕМЫЕ ФОСФАТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ, 10 международная молодежная летняя школа, посвященная 55-летию полета Ю.А.Гагарина в космос, 2016, с. 47-48.

4.31. Сафронова Т.В., Путляев В.И., Кнотько А.В., Филиппов Я.Ю., Керамика на основе порошковых смесей, включающих гидроксипатит кальция и различные фосфаты натрия, XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии: тезисы докладов в пяти томах, Химия и технология материалов, включая наноматериалы, 2016, том 2, тезисы, с. 83-83.

4.32. Набережный Д.О., Насриддинов А.Ф., Сафронова Т.В., Филиппов Я.Ю., Керамика на основе порошковых смесей, содержащих брусит $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и соли натрия (Na_2CO_3 , $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, NaPO_3), XV Конференция молодых учёных "Актуальные проблемы неорганической химии: современные материалы для фотоники и оптоэлектроники". 2016 с. 85-86.

4.33. Сафронова Т.В., Путляев В.И., Кнотько А.В., Филиппов Я.Ю., Керамические материалы в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5$, полученные из синтетического гидроксипатита и фосфатов натрия, VI Всероссийская конференция по наноматериалам с элементами научной школы для молодежи. 22-25 ноября 2016 г. с. 553-555.

4.34. Сафронова Т.В., Путляев В.И., Крутько В.К., Кнотько А.В., Филиппов Я.Ю., Ларионов Д.С., Мусская О.Н., Уласевич С.А., Климашина Е.С., Керамические материалы, содержащие резорбируемые фазы полифосфата и пирофосфата кальция, полученные формованием высококонцентрированных суспензий, VI Всероссийская конференция по наноматериалам с элементами научной школы для молодежи., 2016, с. 548-550.

4.35. Филиппов Я.Ю., Климашина Е.С., Орлов Н.К., Путляев В.И., НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ БИОРЕЗОРБИРУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОСТНОЙ ИНЖЕНЕРИИ НА ОСНОВЕ СМЕШАННОГО ФОСФАТА КАЛЬЦИЯ $\text{Ca}_{2.5}\text{Na}(\text{PO}_4)_2$, VI Всероссийская конференция по наноматериалам с элементами научной школы для молодежи., 2016, с. 550-551

4.36. Сафронова Т.В., Путляев В.И., Крутько В.К., Мусская О.Н., Уласевич С.А., Кнотько А.В., Филиппов Я.Ю., Ларионов Д.С., Климашина Е.С., Пористые кальцийфосфатные материалы, полученные из высококонцентрированных суспензий, VI Всероссийская конференция по наноматериалам с элементами научной школы для молодежи. Москва. 22-25 ноября 2016 г. с. 552-553.

4.37. Филиппов Я.Ю., Путляев В.И., Климашина Е.С., Евдокимов П.Е., Цементы и реакционно-связанные материалы на основе высокотемпературной фазы $\text{Ca}_{2.5}\text{Na}_{0.5}(\text{PO}_4)_3$, XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии: тезисы докладов в пяти томах. Том: 2b, Химия и технология материалов, включая наноматериалы, том 2, с. 400.

2017 г.

Статьи

1.1 Горячева И.Г., Маховская Ю.Ю., Морозов А.В., Степанов Ф.И. Трение эластомеров. Моделирование и эксперимент. 2017. Ижевский институт компьютерных исследований Ижевск, ISBN 978-5-4344-0429-7, 204 с.

1.2 И.Г. Горячева, С.М. Захаров. О пределах системы «колесо-рельс» в условиях тяжеловесного движения (трибологический аспект). В коллективной монографии «Вакуумно-левитационные транспортные системы: научная основа, технологии и перспективы для железнодорожного транспорта» (под ред. Б.М. Лapidуса и С.Б.Нестерова), ООО «РАС», 2017, С. 27-42.

1.3 I.G. GORYACHEVA, Yu. Yu. MAKHOVSKAYA. Combined effect of surface microgeometry and adhesion in normal and sliding contacts of elastic bodies. Friction, 2017.

1.4 Горячева И.Г., Торская Е.В., Степанов Ф.И., Мышкин Н.К., Купреев А.В. Моделирование деформации текстурированного слоя в условиях контактного взаимодействия. Трение и износ, 2017.

1.5 Irina Goryacheva, Feodor Stepanov, Elena Torskaya. ANALYSIS OF INTERNAL STRESSES IN VISCOELASTIC LAYER IN SLIDING CONTACT. In Mechanics for Materials and Technologies (Ser. Advanced Structured Materials, ed. Holm Altenbach, Robert V. Goldstein, Evgenii Murashkin), Springer, 2017, pp.111-121.

1.6 Ю.Ю. Маховская, И.Г. Горячева. Упругий контакт номинально плоских поверхностей при наличии шероховатости и адгезии. МТТ, 2017, №4, с. 1-11.

2.1 Локощенко А. М., Фомин Л. В. Kinetic Theory, глава Kinetic Theory of Creep and Long-term Strength of Metals (принята в печать). — IN TECH d.o.o Хорватия, 2017.

2.2 Локощенко А. М. Исследование осадки цилиндров при комнатной и высоких температурах (обзор) // Межвуз. сб. научн. трудов Математическое моделирование и экспериментальная механика деформируемого твердого тела. — Т. 1. — Тверск. гос. технич. ун-т Тверь, 2017. — С. 97-109.

2.3 Lokoshchenko A. M., Fomin L. V. Delayed fracture of plates under creep condition in unsteady complex stress state in the presence of ambient medium // V International Conference Topical Problems of Continuum Mechanics. — Ереван, НУАСА Ереван, 2017. — P. 198-199.

2.4 Fomin L. V. Steady-state creep of a composite rod in tension in the presence of an aggressive environment // Mechanics of Composite Materials. — 2017. — Vol. 52, no. 6. — P. 741-750.

2.5 Lokoshchenko A. M., Teraud W. Determination of necking time in tensile test specimens, under high-temperature creep conditions, subject to distribution of stresses over the cross-section // Journal of Physics: Conference Series. — 2017. Принято в печать.

2.6 Терауд В. В. Определение момента образования локализации деформации ползучести в образцах круглого поперечного сечения на основе геометрических критериев // Проблемы прочности и пластичности. — 2017. — Т. 79, № 1. — С. 114-123.

2.7 Терауд В. В. Статистический анализ результатов испытаний растягиваемых плоских образцов при ползучести // Машиностроение и инженерное образование. — 2017. — № 1. — С. 32-38.

2.8 Терауд В. В. Экспериментальные критерии образования локализации деформаций ползучести в прямоугольных образцах при высокой температуре // Вестник машиностроения. — 2017. — № 7. — С. 28-34.

2.9 Investigations of thermal barrier coatings of turbine parts using gas flame heating / A. R. Lepeshkin, N. G. Bichkov, O. I. Ilinskaja, V. V. Nazarov // Journal of Physics: Conference Series. — 2017. — Vol. 899.

2.10 Назаров В. В., Лепешкин А. Р. Аппроксимация кривой ползучести до момента времени появления шейки // Известия Волгоградского государственного технического университета. — 2017. — № 6. — С. 92-95.

4.1. Gorbachev V. I. Averaging equations of mathematical physics with coefficients dependent on coordinates and time // Nanoscience and Technology: An International Journal. — 2017. — Vol. 8, no. 4. — P. 345-353.

4.2. Gorbachev V. I. Heat propagation in a nonuniform rod of variable cross section // Moscow University Mechanics Bulletin. — 2017. — Vol. 72, no. 2. — P. 48-53.

4.3. Gorbachev V. I. Integral formulas in electromagnetic elasticity of heterogeneous bodies. application in the mechanics of composite materials // Composites: Mechanics, Computations, Applications. An International J. — 2017. — Vol. 8, no. 2. — P. 147-170.

4.4. Горбачёв В. И. О распространении тепла в неоднородном стержне с переменным поперечным сечением // Вестник Московского университета. Серия 1: Математика. Механика. — 2017. — № 2. — С. 48-54.

4.5. Горбачев В. И. Интегральные формулы основных линейных дифференциальных уравнений МДТТ с переменными коэффициентами // Материалы X Всероссийской конференции по механике деформируемого твердого тела. (18-22 сентября 2017 г., Самара, Россия). — Т. 1. — Самарский государственный технический университет г. Самара, 2017. — С. 174-177

Тезисы

1.7 M.M. Gubenko, A.V. Morozov, A.N. Lyubicheva, I.G. Goryacheva, M.Z. Dosaev, M.-Sh. Ju, Ch.-S.Yeh, F.-Ch. Su Video-tactile pneumatic sensor for soft tissue elastic modulus estimation // BioMedical Engineering, 2017, On Line DOI:10.1186/s12938-017-0390-3

1.8 Горячева И.Г., Шур Е.А. Захаров С.М., А.И. Борц. Исследование механизмов повреждаемости рельсов нового поколения и моделирование их возникновения. Бюллетень Объединенного ученого совета РЖД, 2017

1.9 Goryacheva I.G., Makhovskaya Yu.Yu. Modeling of energy dissipation due to adhesion in normal and sliding contacts, WTC2017, Beijing, 17-23 Sept, 2017

1.10 Горячева И.Г., Маховская Ю.Ю. Моделирование самосмазывания поверхности многокомпонентных сплавов в условиях фрикционного взаимодействия. МАИ (Вятчи), 2017

1.11 Горячева И.Г., Тюрин И.И. Моделирование взаимодействия зажима с биологической тканью, МГУ, Ломоносовские чтения, 2017

1.12 Горячева И.Г., Тюрин И.И. Моделирование напряженного состояния биологических тканей при контактном взаимодействии с зажимом. Дивно-морск

1.13 Goryacheva I.G., Makhovskaya Yu.Yu. Contact interaction models taking into account mechanical and surface properties of contacting bodies, АРМ, St. Petersburg, June, 2017

1.14 Горячева И.Г. Моделирование влияния микрогеометрии поверхностей на характеристики контактного взаимодействия и силу трения. Труды XX Юбилейной Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2017), Алушта, 25-30 мая 2017

1.15 Goryacheva I.G. The models of friction of viscoelastic bodies under various interface conditions. Proceedings of the V International Conference on Topical Problems of Continuum Mechanics, Tsaghkadzor, Armenia, October 2-7,

2017

1.16 Irina G. Goryacheva, Elena V. Torskaya, Nabeel Almuramady and Feodor M. Borodich. Modeling of surface fracture of coated rough surface of microgear teeth". The second CARBTRIB Meeting on "Nano-phenomena and Functionality of modern Carbon-Based Tribo-Coatings", Sevilla, 19-21 April 2017

1.17 Irina G. Goryacheva, Elena V. Torskaya and Juan Carlos Sánchez López "Comparison of contact and internal stresses within TiC/a-C(:H) coatings prepared by DC and HIPIMS in friction interaction", The second CARBTRIB Meeting on "Nano-phenomena and Functionality of modern Carbon-Based Tribo-Coatings", Sevilla, 19-21 April 2017

1.18 Горячева И.Г., Борц А.И., Шур Е.А., Захаров С.М. Исследование механизмов повреждаемости рельсов нового поколения и моделирование их возникновения. Тезисы доклада на V международный Форум «Транспортная наука: инновационные решения для бизнеса» (посвященный 85-летию Экспериментального кольца АО «ВНИИЖТ») 01. 09. 2017, г.Щербинка, Московская область

1.19 И.Г. Горячева. Некоторые фундаментальные и прикладные задачи механики контактных взаимодействий и трибологии. Всероссийская конференция молодых ученых-механиков. Сочи, Буревестник МГУ, 5-15 сентября 2017 г. (грант РФФИ 17-01-00352)

1.20 Lyubicheva A.N., Goryacheva I.G., Dosaev M.Z., Su F.-C. Modeling of indentation into inhomogeneous soft tissues В сборнике: AIP Conference Proceedings 11. Сер. "ICNPAA 2016 World Congress: 11th International Conference on Mathematical Problems in Engineering, Aerospace and Sciences" 2017. С. 020092.

2.11 Выбор параметров ресурсосберегающей технологии нанесения жаростойких покрытий для лопаток турбин ГТД с учетом износостойкости / А. Р. Лепешкин, О. И. Ильинская, В. А. Голиков, В. В. Назаров // Энерго и ресурсосбережение – XXI век: Сборник материалов XV-ой международной научно-практической интернет-конференции. — ОГТУ Орел, 2017.

2.12 Назаров В. В., Лепешкин А. Р. Методика вычисления пределов ползучести // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. — 2017. — № 1. — С. 36-42.

2.13 Лепешкин А. Р., Назаров В. В. Методы испытаний корпусов на непробиваемость с моделированием обрыва лопаток // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. — 2017. — № 11. — С. 12-17.

2.14 Назаров В. В. Механические характеристики ползучести титанового сплава ВТ1-0 при растяжении и кручении трубчатых образцов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. — 2017. — Т. 83, № 2. — С. 66-68.

2.15 Локощенко А. М. Осадка составных цилиндров при ползучести // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 17-24 апреля 2017 г. — МГУ имени М.В.Ломоносова Москва, 2017. — С. 139-139.

2.16 Локощенко А. М., Абросимова Е. А. Ползучесть длинной прямоугольной мембраны в стесненных условиях // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 17-24 апреля 2017 г. — Москва: Москва, 2017. — С. 139-140.

2.17 Локощенко А. М., Фомин Л. В. О применении дробно-линейной модели ползучести и длительной прочности при нестационарном сложном напряженном состоянии в пластине с учетом влияния агрессивной среды //

Ломоносовские чтения. Научная конференция. Секция механики. 17–26 апреля 2017 года. Тезисы докладов. — Издательство Московского университета Москва, 2017. — С. 140–140.

2.18 Лепешкин А. Р., Назаров В. В. Исследование напряжений в керамическом покрытии лопатки турбины ГТД при взаимодействии с газовым потоком // Ломоносовские чтения. — Механика деформируемого твердого тела. — Институт механики МГУ Москва, 2017. — С. 137–137.

2.19 Лепешкин А. Р., Назаров В. В. Исследование напряженного состояния в столбчатом теплозащитном керамическом покрытии лопаток ГТД в поле центробежных сил // Ломоносовские чтения. — Механика деформируемого твердого тела. — Институт механики МГУ Москва, 2017. — С. 137–137.

2.20 Лепешкин А. Р., Назаров В. В. Особенности моделирования нестационарного теплового и термонапряженного состояния охлаждаемых лопаток турбин ГТД с ТЗП с использованием тепловизионной системы // Тезисы докладов Юбилейной конференции Национального комитета РАН по тепло- и массообмену Фундаментальные и прикладные проблемы теплообмена и XXI Школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством акад РАН А.И. Леонтьева. — Т. 2. — Издательский дом МЭИ Москва Санкт-Петербург, 2017. — С. 112–113.

2.21 Назаров В. В. Сравнение механических характеристик ползучести титановых сплавов ВТ5 и ВТ6 при одинаковой температуре 650 С // ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2017. Секция механики. — Изд-во МГУ Москва, 2017. — С. 153–153.

3.1 Зезин Ю.П., Тишин П.В. Методика экспериментального исследования длительной прочности полимерных материалов по результатам испытаний кольцевых образцов // Ломоносовские чтения. Научная конференция. Секция механики. 17–26 апреля 2017 года. Тезисы докладов. Издательство Московского университета Москва, 2017. С. 96.

3.2. Зезин Ю.П., Соколов С.И. Нелинейные вязкоупругие свойства наполненных эластомеров // Ломоносовские чтения. Научная конференция. Секция механики. 17–26 апреля 2017 года. Тезисы докладов. Издательство Московского университета Москва, 2017. С. 95.

3.3 Зезин Ю.П., Изимов Р.М. Нелинейная ползучесть наполненного полиметилметакрилата // Ломоносовские чтения. Научная конференция. Секция механики. 17–26 апреля 2017 года. Тезисы докладов. Издательство Московского университета Москва, 2017. С. 94.

4.6. Горбачев В. И. Интегральные формулы в механике неоднородных сред (Пленарный) Научная Конференция-семинар "Современные проблемы теории упругости и механики композитов", посвящённая научным школам кафедры теории упругости МГУ, Москва, Россия, 14 июня 2017

4.7. Горбачев В. И. Об учете скорости изменения температуры в уравнениях связанной задачи термоупругости // Тезисы докладов. Ломоносовские чтения. Научная конференция. Секция механики, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, 17-26 апреля 2017. С. 67.

4.8. Горбачев В.И., Кабанова Л.А. О постановках задач в теориях пластин Кирхгофа – Лява, Тимошенко и Рейснера. // Тезисы докладов. Ломоносовские чтения. Научная конференция. Секция механики. Москва, Россия, 17-26 апреля 2017. С.68.

4.9. Горбачев В.И., Мельник Т.М. О постановках задач в теориях стержней Бернулли – Эйлера, Тимошенко и Рейснера. // Тезисы докладов. Ломоно-

совские чтения. Научная конференция. Секция механики. Москва, Россия, 17-26 апреля 2017. С. 68.

4.10. Горбачев В.И., Назарова Е.Ю. Тепловой удар по неоднородному по глубине полупространству // ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ. Тезисы докладов. Научная конференция. Секция механики. Москва, Россия, 17-26 апреля 2017. С.68.

4.11. Горбачев В.И., Корсаков А.А. Тепловой удар по торцу неоднородного стержня с переменным сечением // Тезисы докладов. ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ. Научная конференция. Секция механики. Москва, Россия, 17-26 апреля 2017. С.69.

4.12. Ковальков В.К., Соколов А.В., Филиппов Я.Ю. Акустическая обработка твердосплавного инструмента // Тезисы докладов. в сборнике ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2017. Секция механики, место издания Изд-во МГУ Москва, тезисы, с. 111-111.

4.12. Коршунов А.Б., Ковальков В.К., Сагалова Т.Б., Аникин В.Н., Голубовский Е.Р. Способ создания износостойкого приповерхностного слоя в кобальт содержащем материале. #262018, 23 мая 2017.

4.13. Ковальков В.К., Горбачев В.И., Филиппов Я.Ю., Соколов А.В. Исследование прочностных характеристик титановых сплавов ВТ20 и ВТ6С в условиях высокотемпературных нагревов.

4.14. Safronova T. V., E. A. Mukhin, V. I. Putlyaev, A. V. Knotko, P. V. Evdokimov, T. B. Shatalova, Ya Yu Filippov, A. V. Sidorov, and E. A. Karpushkin. Amorphous calcium phosphate powder synthesized from calcium acetate and polyphosphoric acid for bioceramics application. *Ceramics International*, 43:1310-1317, 2017. DOI: 10.1016/j.ceramint.2016.10.085

4.15. Putlyaev V. I., T. V. Safronova, Ya Yu Filippov, and P. V. Evdokimov. Colloidal forming of chemically bonded calcium phosphate composites. *Inorganic Materials: Applied Research*, 8(1):153-158, 2017. DOI: 10.1134/S2075113317010312

4.16. Fadeeva I. V., Ya Yu Filippov, A. S. Fomin, N. V. Petrakova, A. V. Knotko, A. P. Ryzhov, V. I. Putlyaev, and S. M. Barinov. Microstructure and properties of α -tricalcium phosphate-based bone cement. *Inorganic Materials*, 53(3):292-299, 2017. DOI: 10.1134/S0020168517030049

4.17. Safronova T. V., V. I. Putlyaev, Ya Yu Filippov, S. A. Vladimirova, D. M. Zuev, and G. S. Cherkasova. Synthesis of calcium-phosphate powder from calcium formiate and ammonium hydrophosphate for obtaining biocompatible resorbable biphasic ceramic materials. *Glass and Ceramics*, 74(5-6):1-6, 2017. DOI: 10.1007/s10717-017-9958-4

4.18. Safronova T. V., V. I. Putlyaev, M. D. Andreev, Ya Yu Filippov, A. V. Knotko, T. B. Shatalova, and P. V. Evdokimov. Synthesis of calcium phosphate powder from calcium lactate and ammonium hydrogen phosphate for the fabrication of bioceramics. *Inorganic Materials*, 53(8):874-884, 2017. DOI: 10.1134/S0020168517080

4.19. Сафронова Т. В., В. И. Путляев, Я. Ю. Филиппов, С. А. Владимирова, Д. М. Зуев, and Г. С. Черкасова. Синтез кальцийфосфатного порошка из формиата кальция и гидрофосфата аммония для получения биосовместимых резорбируемых бифазных керамических материалов. *Стекло и керамика*, (5):43-48, 2017. <https://istina.msu.ru/publications/article/60628291/>

4.20. Сафронова Т. В., В. И. Путляев, М. Д. Андреев, Я. Ю. Филиппов, А. В. Кнотько, Т. Б. Шаталова, П. В. Евдокимов. Синтез порошка фосфата кальция из лактата кальция и гидрофосфата аммония для получения биокерамики. *Неорганические материалы*, 53(8):874-884, 2017. DOI:

10.7868/S0002337X17080139

4.21. Евдокимов П.В., И.В. Фадеева, А.С. Фомин, Я.Ю. Филиппов, В.К. Ковальков, А.В. Кнотько, В.И. Путляев, С.М. Баринов. Упрочнение брушито-вого цемента на основе α -ТКФ каркасной арматурой из полилактида // Материаловедение. — 2017. — № 8. — С. 30–33. <https://istina.msu.ru/publications/article/73>

4.22. Фадеева И. В., Я. Ю. Филиппов, А. С. Фомин, Н. В. Петракова, А. В. Кнотько, А. П. Рыжов, В. И. Путляев, and С. М. Баринов. Формирование микроструктуры и свойства костного цемента на основе α -трикальцийфосфата. Неорганические материалы, 53(3):281–288, 2017. <https://istina.msu.ru/publications/art>

4.23. Evdokimov P. V., V. I. Putlayev, V. E. Dubrov, I. M. Scherbakov, T. V. Safronova, E. S. Klimashina, and Ya Yu Filippov. 3d printing of bioresorbable osteoconductive ceramic implants based on double calcium alkali metal phosphates. In Orthopaedic Proceedings, volume 99, pages 33–33. British Editorial Society of Bone & Joint Surgery Published online, 2017.

4.24. Malyutin Konstantine, Mukhin Egor, Safronova Tatiana, Putlyaev Valery, and Filippov Yaroslav. Calcium phosphate ceramics from hydroxyapatite suspensions containing sucrose and diammonium phosphate aqueous solutions. In ECerS2017:15th Conference & Exhibition of the European Ceramic Society, July 9–13, 2017, Budapest, Hungary, book of abstracts, pages 557–558. AKCongress Akadémiai Kiadó, Budapest, Венгрия, 2017.

4.25. Tatiana V. Safronova, Andrey S. Kiselev, Valery I. Putlyaev, Valentina K. Krutko, Alexander V. Knot'ko, Yaroslav Yu Filippov, Svetlana A. Korneychuk, Olga N. Musskaya, Svetlana A. Ulasevich, and Elena S. Klimashina. Calcium phosphate ceramics shaped via chemical bonding from highly concentrated water suspensions of tricalcium phosphate and monocalcium phosphate monohydrate. In 28th Annual conference of the European Society for Biomaterials (ESB 2017). Book of Abstracts, Translational activities for exploiting research on Biomaterials, pages 643–643. Megaron Athens International Conference Centre, Athens, Greece, 2017.

Отчеты

2.22 Локощенко А.М., Фомин Л.В., Малюкова Е.К., Басалов Ю.Г. Моделирование процессов взаимодействия агрессивной среды с материалами и элементами конструкций (обзор). 2017. Научный отчет НИИ механики №5364, 46 с.

2.23 Локощенко А.М., Малюкова Е.К., Басалов Ю.Г. Осадка составных цилиндров в условиях установившейся ползучести. 2017. Научный отчет НИИ механики №5354, 56 с.

2.24 Назаров В.В. Анализ механических характеристик ползучести при сложном напряженном состоянии. 2017. Научный отчет НИИ механики №5366, 24 с.

2.25 Назаров В.В. Анализ механических характеристик ползучести титановых сплавов при высокой температуре. 2017. Научный отчет НИИ механики №5365, 22 с.

3.4 Зезин Ю.П., Тишин П.В., Изимов Р.М. Методика экспериментальной оценки длительной прочности полимерных материалов по результатам испытаний кольцевых образцов. Научный отчет НИИ механики №5360, 32 с.

Изобретения

2.26 Терауд В.В. Система «Fuoline» (SOFT). 2017. №2017610907, 30 января

2.27 Терауд В.В. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2017613691. 2017.

2.28 Коршунов А.Б. Способ радиационно-термической обработки изделий из твердых сплавов. 2017. РФ №2622097, 9 июня.

2.29 Коршунов А.Б. Способ радиационной обработки изделий из твердых сплавов. 2017. РФ №2622096, 9 июня.

2.30 Коршунов А.Б. Способ радиационной обработки изделий из твердых сплавов на основе монокарбида вольфрама. 2017. РФ №2620577, 26 мая.-откр

2.31 Коршунов А.Б., Ковальков В.К., Сагалова Т.Б., Аникин В.Н., Голубовский Е.Р. Способ создания износостойкого приповерхностного слоя в кобальт содержащем материале. 2017. РФ №262018, 23 мая

2.32 Аникин В.Н., А.Б., Бешенков Г.И., Кидарова А.И. Коршунов А.Б., Ступников В.П. Способ магнитно-импульсной обработки режущих пластин. 2017. РФ №2635322 от 10 ноября.

2.33 Аникин В.Н., А.Б., Кидарова А.И. Коршунов А.Б., Кудрявцева В.И., Ступников В.П. Способ магнитно-импульсной обработки режущего инструмента. 2017. РФ №2635323 от 10 ноября 2017 г.

2018 г.

Книги

1. Lokoshchenko A.M. Creep and long-term strength of metals. CISP. CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca. Raton. London. New York. 2018. 545 P.

Статьи

2. Локощенко А.М. Оптимальная программа осаживания составных цилиндров // Вестник машиностроения. 2018. №11. С. 28-33.

3. Lokoshchenko A., Dalinkevich A., Fomin L. Modeling the process of unsteady one-dimensional diffusion of an aggressive medium // Mechanics of Composite Materials, издательство Kluwer Academic/Plenum Publishers (United States), том 54, № 4, с. 463-472.

4. Локощенко А.М., Далинкевич А.А., Фомин Л.В. Моделирование процесса нестационарной одномерной диффузии агрессивной среды // Механика композитных материалов, издательство Зинатне (Рига), том 54, № 4, с. 673-686

5. Локощенко А.М., Далинкевич А.А., Фомин Л.В. Нестационарная одномерная диффузия агрессивной окружающей среды в цилиндрическую оболочку // Вопросы оборонной техники. Сер. 15. Композиционные неметаллические материалы в машиностроении. 2018. том 189. №2. С. 88-97

6. Gorbachev V. I., Kabanova L. A. Formulation of problems in the general kirchhoff—love theory of inhomogeneous anisotropic plates // Moscow University Mechanics Bulletin. — 2018. — Vol. 73, no. 3. — P. 60-66.

7. Горбачёв В. И., Мельник Т. М. О постановке задач в общей теории Бернулли-Эйлера неоднородных анизотропных стержней // Вестник Московского университета. Серия 1: Математика. Механика. — 2018. — № 1. — С. 43-52.

8. Горбачёв В. И., Кабанова Л. А. О постановке задач в общей теории пластин Кирхгофа-Лява // Вестник Московского университета. Серия 1: Математика. Механика. — 2018. — № 3. — С. 43-50.

9. Горбачёв В. И. Об эффект коэффициентах упругости неодородного тела // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. — 2018. — № 4. — С. 114-125.

10. T. V. Safronovaa, V. I. Putlyaev, Ya Yu Filippov, T. B. Shatalova, D. O. Naberezhnyi, A. F. Nasridinov, D. S. Larionov. Ceramics based on powder mixtures containing calcium hydrogen phosphates and sodium salts (Na_2CO_3 , $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, and NaPO_3). *Inorganic Materials*, 54(7):724–735, 2018.

11. T. V. Safronova, V. I. Putlyayev, A. V. Knotko, Ya Yu Filippov, E. S. Klimashina, A. P. Ryzhov, B. M. Saidzhonov. Powder mixtures based on calcium hydroxyapatite and sodium salts. *Inorganic Materials: Applied Research*, 9(4):726–731, 2018.

12. T. V. Safronova, V. I. Putlyaev, Ya Yu Filippov, A. V. Knot'ko, E. S. Klimashina, K. Kh Peranidze, P. V. Evdokimov, S. A. Vladimirova. Powders synthesized from calcium acetate and mixed-anionic solutions, containing orthophosphate and carbonate ions, for obtaining bioceramic. *Glass and Ceramics (English translation of Steklo i Keramika)*, 75(3 – 4):1–6, 2018

13. D. M. Zuev, E. S. Klimashina, P. V. Evdokimov, Ya Yu Filippov, V. I. Putlyaev. Preparation of $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2/\text{poly}(d,l\text{-lactide})$ and $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2/\text{poly}(\epsilon\text{-caprolactone})$ biocomposite implants for bone substitution. *INORGANIC MATERIALS* Издательство: Pleiades, 54(1):87–95, 2018

14. Т. В. Сафронова, В. И. Путляев, Я. Ю. Филиппов, А. В. Кнот'ко, Е. С. Климашина, К. Х. Перанидзе, П. В. Евдокимов, С. А. Владимирова. Порошки, синтезированные из ацетата кальция и смешанноанионного раствора, содержащего ортофосфат- и карбонат-ионы, для получения биокерамики. *Стекло и керамика*, (3):41–46, 2018.

15. Т. В. Сафронова, В. И. Путляев, А. В. Кнот'ко, Я. Ю. Филиппов, Е. С. Климашина, А. П. Рыжов, Б. М. Саиджонов. Порошковые смеси на основе гидроксиапатита кальция и солей натрия. *Материаловедение*, (1):43–49, 2018.

16. Т. В. Сафронова, В. И. Путляев, Я. Ю. Филиппов, Т. Б. Шаталова, Д. О. Набережный, А. Ф. Насриддинов, Д. С. Ларионов. Керамика на основе порошковых смесей, содержащих гидрофосфаты кальция и соли натрия (Na_2CO_3 , $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, NaPO_3). *Неорганические материалы*, 54(7):766–777, 2018.

Статьи в сборниках

17. Ковальков В.К., Соколов А.В. Результаты испытаний режущего инструмента после обработки на установке «АЛИСА»//в сборнике «Быстрозакаленные материалы и покрытия». *Материалы XV-й Международной конференции. 16-17 октября 2018 г. МАИ:Матер.конф.-Москва: Пробел-2000, 2018. С.275-277*

18. Горбачёв В.И. О методах осреднения уравнений механики композиционных материалов // Труды третьей международной конференции "Деформирование и разрушение композиционных материалов и конструкций (DFCMS-2018)", посвященной 80-летию ИМАШ РАН. — М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2018. — С. 27–30.

Тезисы

1. В.Н. Аникин, А.Б. Коршунов, М.Э. Родников. О МЕТОДЕ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 16-25 апреля 2018 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. 2018. С. 23.

2. Горбачёв В.И. Об осреднении уравнений механики композитов при свойствах материала, зависящих от координат и времени// Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 16-25 ап-

реля 2018 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. 2018. С.63

3. Горбачёв В.И. Осреднение динамических уравнений теплопроводности в неоднородном теле с коэффициентами, зависящими от координат и времени // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 16-25 апреля 2018 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. 2018. С.64

4. Горбачёв В.И., Дворников М.И. Задача Ламе для неоднородной по радиусу трубы при произвольной интегрируемой зависимости свойств от радиуса // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 16-25 апреля 2018 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. 2018. С.64

5. Горбачёв В.И., Кабанова Л.А. Применение интегральных формул для построения теории неоднородных пластин // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 16-25 апреля 2018 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. 2018. С.65

6. Горбачёв В.И., Мельник Т.М. Простейшая и уточненная теория неоднородной анизотропной балки // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 16-25 апреля 2018 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. 2018. С.65

7. Горбачёв В.И., Песоцкий П.Н. Задача о собственных частотах поперечных колебаний неоднородной балки // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 16-25 апреля 2018 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. 2018. С. 65

8. Горбачёв В.И., Рубан А.А. Интегральные формулы в задачах статической устойчивости неоднородных стержней с переменным поперечным сечением // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 16-25 апреля 2018 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. 2018. С. 66

9. Гаделев Р. Р., Горбачёв В. И. О МНОГОУРОВНЕВОМ ПОДХОДЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕНЗОРОВ КОНЦЕНТРАЦИИ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ // ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ Научная конференция Секция механики 16-25 апреля 2018 года Тезисы докладов. — Секция механики. 16-25 апреля 2018. — Москва: Москва, 2018. — С. 54-54.

10. Ковальков В.К., Филиппов Я.Ю. Повышение износостойкости режущих пластин для обработки колесных пар // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 16-25 апреля 2018 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. 2018. С. 106.

11. Филиппов Я.Ю. Макропористые 3D-структуры на основе кальций-фосфатных материалов для остеопластики // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 16-25 апреля 2018 г. Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова. М.: Издательство Московского университета. 2018. С. 187.

12. Филиппов Я.Ю. Керамические 3-D структуры на основе системы $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7\text{-CaNa}_2\text{P}_2\text{O}_7\text{-Ca}(\text{PO}_3)_2$, полученные методом коллоидного формования // Конференция молодых ученых. 15-17 октября 2018 г. Москва, МГУ

имени М.В.Ломоносова.

13. A. Knotko, A. Sitansksya, V. Putlayev, Ya Filippov, V. Kirsanova, I. Sviridova, N. Sergeeva. Cements based on phosphates of ca and mg, reinforced with inorganic fibers. In Сборник тезисов всероссийского кластера конференций по неорганической химии "InorgChem2018", pages 197-197. издательство АГТУ Астрахань, 2018.

14. О. У. Тошев, Т. В. Сафронова, Ю. С. Лукина, В. И. Путляев, В. К. Крутько, Я. Ю. Филиппов, К. В. Малютин, Т. Б. Шаталова, Г. К. Казакова. Кальций-фосфатные керамические материалы, полученные из высококонцентрированных суспензий, на основе монокальцийфосфата моногидрата и малорастворимых солей кальция - цитрата и оксалата. In XVII Конференция молодых ученых Актуальные проблемы неорганической химии: низкоразмерные функциональные материалы, pages 118-119, Москва, 2018. Москва.

15. А. С. Киселев, Т. В. Сафронова, Т. Б. Шаталова, Я. Ю. Филиппов, О. Т. Гавлина, О. У. Тошев. Окрашенные углеродом порошки фосфатов кальция для стереолитографической печати, полученные из карбоната кальция и смеси пирофосфорной и молочной кислот. In XVII Конференция молодых ученых Актуальные проблемы неорганической химии: низкоразмерные функциональные материалы, pages 55-55, Москва, 2018. Москва.

Отчеты

1. Локощенко А.М., Абросимова Е.А., Терауд В.В., Малюкова Е.К., Басалов Ю.Г. Установившаяся ползучесть длинной прямоугольной мембраны в стесненных условиях. Научный отчет НИИ механики МГУ №5404, 58 с.

2. А.М. Локощенко, Г.З. Шарафутдинов, Л.В. Фомин, Ю.Г. Басалов, Малюкова Е.К., В.С. Агабабян. Новые формы определяющих соотношений вязкопластичности. Ползучесть металлов при нестационарном сложном напряженном состоянии. Научный отчет НИИ механики МГУ №5404, 61 с.

3. А.М. Локощенко, М.В. Юмашев, Т.А. Картвелишвили, А.С. Гоголева, Малюкова Е.К. Температурные задачи и анализ возможного разрушения в сплошном цилиндре в условиях многократного импульсного нагрева. Научный отчет НИИ механики МГУ №5404, 46 с.

Изобретения

1. Коршунов А.Б., Аникин В.Н., Кудрявцева В.И., Аникин Г.В., Финанскова Н.В., Золотарева Н.Н., Золоторева К.А., Горнак Д.А., Самарина Н.А. Применение двойного шлифования изделия алмазной пудрой в качестве способа нанесения износостойкого покрытия. Патент №2649604 от 04.04.2018 г.

2. Коршунов А.Б., Досаев М.З., Окунев Ю.М., Полушин Н.И. Твердосплавная микрофреза с алмазным износостойким покрытием. Патент №2658567 от 21.06.2018 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Объем финансирования темы в 2018 году
Таблица А.1

| Источник финанси- рования | Объем (руб.) | |
|---|--------------|-----------------------------|
| | Получено | Освоено собственными силами |
| Денежные сред- ства в виде субси- дии на выполнение фундаментальных научных исследо- ваний в соответ- ствии с госзадани- ем МГУ, часть 2 (р. 01 10) | 10 599 000,0 | 10 599 000,0 |