

Наименование института: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт прикладной механики Российской академии наук
(ИПРИМ РАН)**

Отчет по основной референтной группе 18 Приборостроение и механика

Дата формирования отчета: **22.05.2017**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Инфраструктура научной организации

1. Профиль деятельности согласно перечню, утвержденному протоколом заседания Межведомственной комиссии по оценке результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения от 19 января 2016 г.№ ДЛ-2/14пр

«Генерация знаний». Организация преимущественно ориентирована на получение новых знаний. Характеризуется высоким уровнем публикационной активности, в т.ч. в ведущих мировых журналах. Исследования и разработки, связанные с получением прикладных результатов и их практическим применением, занимают незначительную часть, что отражается в относительно невысоких показателях по созданию РИД и небольших объемах доходов от оказания научно-технических услуг. (1)

2. Информация о структурных подразделениях научной организации

1. Отдел механики структурированной и гетерогенной среды.

Специализация: Теоретические и экспериментальные исследования структурных (на различных масштабных уровнях –nano-, микро-, макро-), теплофизических, физико-механических и прочностных свойств эластомерных композитов, наполненных nano- и микроразмерными частицами различной природы. Проектирование перспективных nano-структурных полимерных композитов на основе новых, полученных по разработанным экологичным и энергоэффективным технологиям, нанодисперсных наполнителей (в том числе и минеральных).

Исследование поведения электрореологических вязкоупругих релаксирующих тиксотропных сред, в том числе электро- и магнитоуправляемых суспензий с наноразмерной дисперсной фазой.

Усреднение уравнений математической физики с быстро осциллирующими коэффициентами, описывающими процессы деформирования, теплопереноса и фильтрации в структурно-неоднородных средах, в том числе нелинейные. Развитие аналитико-численных методов определения физико-механических и фильтрационных свойств структурно неоднородных сред. Разработка методов аналитико-численного моделирования задач механи-



05109

ческого поведения материалов под нагрузкой, задач теплопроводности и фильтрации в структурно-неоднородных средах.

Разработка диагностических биосенсоров и препаратов для экспресс-анализа, комплексной диагностики и лечения социально значимых заболеваний. Исследования и разработка методов оценки биобезопасности наночастиц, наноконьюгатов и нанопокрытий.

2. Отдел механики адаптивных композиционных материалов и систем.

Специализация: Экспериментальные исследования и теоретическое моделирование механического и термомеханического поведение адаптивных и композиционных материалов и систем, материалов с эффектом памяти формы, а также элементов конструкций из этих материалов при квазистатическом, динамическом и температурном воздействиях. Формулировка определяющих соотношений для деформируемых твердых тел, испытывающих твердотельные фазовые переходы. Разработка методов решения краевых и начально-краевых задач термомеханики в рамках таких систем определяющих соотношений. Теория устойчивости тонкостенных систем из сплавов с памятью формы. Разработка методов решения прикладных задач аэроупругости и гидроупругости для систем из композиционных материалов с классическими и неклассическими системами армирования. Развитие неклассической теории оболочек.

3. Лаборатория неклассических моделей композитных материалов и конструкций.

Специализация: Разработка нелокальных моделей (учитывающих масштабные эффекты) процессов деформирования и разрушения, а также методов численно-аналитических исследований гетерогенных материалов с микро/nanoструктурой, неоднородных материалов с развитой внутренней поверхностью раздела, пористых материалов, метаматериалов, дисперсно-армированных композитов с микро/наноразмерными включениями, волокнистых многофункциональных композитов с поверхностной nanoструктурой (вискеризованные волокна и fuzzy системы), металлокерамических покрытий, многослойных покрытий пластин и оболочек.

4. Лаборатория физико-химической механики.

Специализация: Высокоскоростной удар, физико-химическая механика деформирования и разрушения твердых тел. Нелинейная волновая динамика.

5. Лаборатория физико-химической механики перспективных технологий.

Специализация: Теоретические и экспериментальные исследования процессов гидродинамики, аэродинамики и физико-химической кинетики (с учетом массопереноса и фазовых трансформаций в дисперсных системах) и создание на их основе перспективных технологий. Разработка новых видов гиперзвуковых прямоточных воздушно-реактивных двигателей и новых рецептур используемых композитных топлив. Разработка технологий использования микродисперсных газо-жидкостных сред в задачах двойного назначения для повышения скрытности и защиты от ударных волн подводных объектов. Разработка технологий повышения эффективности промышленных установок теплоснабжения.



3. Научно-исследовательская инфраструктура

Научно-исследовательская инфраструктура ИПРИМ РАН состоит из ряда уникальных приборов, установок и лабораторных стендов.

Уникальные лабораторные исследовательские комплексы:

1. NanoTest-600 – для тестирования, определения характеристик, исследования и разработки материалов в нано- и микромасштабах. Данная установка позволяет проводить измерения в трех режимах: индентирование, удар, царапание при температуре до 500°C.

2. Physical Property Measurement System – уникальный высокотехнологичный комплекс для определения физических свойств, таких как электропроводность, теплоемкость, теплопроводность, магнитный гистерезис в поле до 16Тл и т.д.

Технологический комплекс оборудования:

1. Планетарная шаровая мельница Retsch PM100 – применяется для получения и модификации высокодисперсных порошков минеральных наполнителей.

2. Лабораторный смеситель HAAKE PolyLab – двухроторный полимерный смеситель с различными типами роторов, позволяет изготавливать полимерные композиты широкого диапазона молекулярно-массового распределения.

Аналитический комплекс:

1. Аналитическая центрифуга CPS – для анализа распределения по размерам частиц высокодисперсных наполнителей.

2. Интерферометр Zyglo New View 5022 – получение трехмерной структуры поверхности, срезов полимерных композитов.

3. Атомно-силовой микроскоп Nanosurf EasyScan – изучение распределения наполнителя в композите, исследование переходного слоя между наполнителем и матрицей.

4. Роторный вискозиметр Rheostress RS150 – позволяет определять характеристики, наиболее полно описывающие вязкостные и вязкоупругие свойства широкого спектра материалов, например, эпоксидные смолы и невулканизованные каучуки.

5. Разрывная машина UTS-10 – предназначены для определения прочности предела и текучести плоских и цилиндрических образцов материалов.

6. Стилусный профилометр Alpha-Step – применяется для построения двухмерного профиля поверхности и определения шероховатости с высокой точностью до 75нм.

С использованием перечисленного выше оборудования в ИПРИМ РАН, в частности была разработана технология получения нанодисперсных наполнителей из природных минералов шунгит, монтмориллонит и таурит. Предложенная технология является более экологичной и энергоэффективной по сравнению с существующими. Она позволяет свести к минимуму такие недостатки наиболее распространённых в настоящее время наполнителей – технического углерода и коллоидного оксида кремния, как высокая энергия смешения и канцерогенность, обеспечивая при этом достижение требуемого уровня механических и технологических свойств полимерных композиционных материалов.



В ИПРИМ РАН эффективно используется высокопроизводительная вычислительная система (вычислительный кластер) с распределенной и общей оперативной памятью.

В частности, на кластере был решен ряд нелинейных задач термомеханики и при фильтрационного течения на основе уравнения Бринкмана в структурно-неоднородных средах, в том числе и геоматериалах, с использованием разработанного нового подхода к решению нелинейных дифференциальных уравнений с быстро осциллирующими коэффициентами, основанного на методе асимптотического усреднения. Для этих задач были разработаны специальные методы моделирования, в которых аналитически точно учитываются контактные условия на межфазных границах, в том числе и неидеальные (например, условия Биверса-Джозефа для фильтрации). Такой подход позволил с высокой степенью точности определить как глобальные (усредненные), так и локальные (микронеоднородные поля на уровне структуры) характеристики среды, и детально смоделировать процесс её деформирования и фильтрации с учетом температуры и фазовых переходов (например, вода-лёд). В целях верификации разработанных аналитико-численных методов проведено сравнение результатов модельных численных расчётов с «точным» решением и с натуральными данными, которые показали хорошее соответствие и продемонстрировали его эффективность в применении к задачам в структурно-неоднородных средах.

Разработанный аналитический подход является инновационным и соответствует передовому мировому уровню в области аппроксимации решений уравнений математической физики и может использоваться при решении задач механики композитных материалов, в том числе для нанокомпозитов, и для задач геомеханики, нефте/газодобычи. Изложенный подход был также применен для моделирования эффекта локального аномального усиления в почти несжимаемых материалах с нанодисперсным шунгитовым наполнителем. Также он применялся в задачах геомеханики по определению зон влияния нового строительства со свайно-плитными фундаментами (физически и геометрически нелинейные армогрунты) на окружающие здания и сооружения.

ИПРИМ РАН имеет ряд лабораторных стендов для решения задач аэро-гидромеханики (в том числе гиперзвуковую импульсную аэродинамическую трубу).

В частности, для решения одной из важных проблем теплоэнергетики на стенде для изучения влияния магнитной обработки воды на процессы образования накипи и кольматации были проведены серии экспериментов, позволившие впервые теоретически обосновать эффект снижения адсорбции солей из пересыщенного раствора на стенки канала при его магнитной обработке и предложены математическая и физическая модели, описывающие механизм магнитной обработки воды.

Установлено, что из-за деформации двойного электрического слоя в коллоидном растворе начинается коагуляция, наночастицы укрупняются, раствор становится сильно пересыщенным по отношению к образующимся агрегатам, и кристаллизация на них растворенных солей ускоряется. При снижении концентрации критических зародышей в растворе их убыль восполняется за счет гомогенной генерации новых зародышей. Растворенные



соли кристаллизуются преимущественно на взвешенных наночастицах, а сорбция на стенки уменьшается, причем не только из-за увеличения их суммарной поверхности, но также из-за того, что коэффициент массопереноса на взвесь на четыре порядка больше, чем на стенку. Математическая модель, построенная на основе описанной совокупности физических процессов, позволяет производить количественные оценки противонакипного эффекта в реальных теплоэнергетических установках.

Снижение сорбции солей накипи на стенки трубы особенно важно в теплоэнергетике, где каждый миллиметр осадка на стенке нагревательного котла снижает мощность нагрева на 5%, что обеспечивает значительный экономический эффект.

4. Общая площадь опытных полей, закрепленных за учреждением. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

5. Количество длительных стационарных опытов, проведенных организацией за период с 2013 по 2015 год. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

6. Показатели деятельности организаций по хранению и приумножению предметной базы научных исследований

Информация не предоставлена

7. Значение деятельности организации для социально-экономического развития соответствующего региона

Информация не предоставлена

8. Стратегическое развитие научной организации

Долгосрочные партнеры ИПРИМ РАН:

ФГОУ ВПО Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет).

ФГБУ "3-й Центральный военный клинический госпиталь им. А.А. Вишневского".

Интеграция в мировое научное сообщество

9. Участие в крупных международных консорциумах (например - CERN, ОИЯИ, FAIR, DESY, МКС и другие) в период с 2013 по 2015 год

Информация не предоставлена



05109

10. Включение полевых опытов организаций в российские и международные исследовательские сети. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

11. Наличие зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов за период с 2013 по 2015 год

Информация не предоставлена

НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты фундаментальных исследований

12. Научные направления исследований, проводимых организацией, и их наиболее значимые результаты, полученные в период с 2013 по 2015 год

Направление фундаментальных исследований 23. Механика деформирования и разрушения материалов, сред, изделий, конструкций, сооружений и триботехнических систем при механических нагрузках, воздействии физических полей и химически активных сред:

1. В рамках аналитико-численных исследований поведения гетерогенных материалов с микро/nanoструктурой, неоднородных материалов с развитой внутренней поверхностью раздела, пористых материалов, метаматериалов, дисперсно-армированных композитов с микро/наноразмерными включениями, волокнистых многофункциональных композитов с поверхностной nanoструктурой (вискеризованные волокна и fuzzy системы) и многослойных покрытий: построена нелокальная теория равновесных (несингулярных) трещин, учитывающая градиентные эффекты и нелокальные адгезионные свойства поверхности, построен Г-интеграл, позволяющий давать уточненные оценки характера разрушения в зависимости от структурных параметров материала и поверхностных эффектов; построена обобщенная нелокальная прикладная теория упругости, обладающая свойством суперпозиции краевых задач классического и градиентного решения, что чрезвычайно удобно для практических приложений; впервые для всего класса градиентных прикладных теорий второго порядка сформулированы критерии корректности теорий, которые позволяют выделять корректные модели по градиентному тензору упругости; предложена полностью симметричная прикладная двухпараметрическая градиентная теория второго порядка.

2. Сформулирован вариант теории реономного поведения сплавов с памятью формы (СПФ), в рамках которой качественно и количественно правильно описываются следующие экспериментально установленные явления: рост деформаций в режиме ограниченной ползучести при мягком ступенчатом нагружении образцов из СПФ на каждой ступени нагружения при постоянных напряжении и температуре; аналогичный рост деформаций при мягком ступенчатом нагружении в режиме сверхупругости; убывание деформаций



при мягкой ступенчатой разгрузке в режиме сверхупругости при постоянных напряжении и температуре; релаксация напряжений после предварительного жесткого нагружения и последующей остановки захватов испытательной машины.

Получено экспериментальное подтверждение факта неоднородного упрочнения мартенситной части представительного объема СПФ после прямого термоупругого фазового превращения под действием меняющейся нагрузки. Построена теория механического поведения СПФ с учетом обнаруженного явления. Эффект неоднородного упрочнения проиллюстрирован на примере решения краевых задач механики СПФ в рамках предложенной теории.

Построена теория устойчивости тонкостенных элементов, выполненных из сплавов с памятью формы (СПФ) при фазовых и структурных превращениях в этих материалах, происходящих под действием сжимающих нагрузок. Получены решения задач устойчивости для пластин и оболочек из СПФ.

Разработан аналог теории пластичности для описания явления мартенситной неупругости в сплавах с памятью формы (СПФ), а также общая теория термомеханического поведения СПФ при фазовых и структурных превращениях, включающий в себя, как составную часть, упомянутую выше модель явления мартенситной неупругости.

3. Для описания высокочастотных колебаний и потери устойчивости равновесия композиционными оболочками нерегулярной структуры с наведенной неоднородностью и функционально-градиентными системами разработан вариант общей теории, основанный на методах аналитической механики континуальных систем со связями. Модель задана на двумерном многообразии конфигурационным пространством с переменными полями, плотностью порождающих функций и уравнениями связей. Семейство теорий различного порядка формируется заданием в качестве переменных поля коэффициентов разложения вектора перемещения по биортогональной системе функций толщинной координаты, при этом обеспечивается единая формулировка как классических теорий, так и конечно-элементных моделей, которым соответствуют финитные функции, заданные на конечном слое. Уравнения связей следуют из краевых условий, перенесенных с лицевых поверхностей оболочки на базовую поверхность. На базе предложенного подхода становится возможным построение единой асимптотически непротиворечивой иерархии моделей различного порядка точности, причем полученный вариант теории обеспечивает алгоритмизацию, достаточную для совместимости с программными комплексами.

Публикации:

1. Lurie S., Minat M. Application of generalized self-consistent method to predict effective elastic properties of bristled fiber composites // Composites: Part B. 2014. Vol.61. Pp.26-40.
2. Zhavoronok S. I. A Vekua-type linear theory of thick elastic shells // Zeitschrift fur Angewandte Mathematik und Mechanik. 2014. 94(1-2). Pp.164-184.



3. Mishustin I.V., Movchan A.A. Analog of the plastic flow theory for describing martensitic inelastic strains in shape memory alloys // Mechanics of Solids. 2015. Vol.50. No.2. Pp.176-190.

4. Podgaetskii E.M. On conditions of change of sign of the Rehbinder effect in the case of single-component adsorption according to the Frumkin isotherm // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. 2015. Vol.51. No.5. Pp.725-729.

5. Myagkov N.N., Stepanov V.V. On projectile fragmentation at high-velocity perforation of a thin bumper // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 2014. Vol.410. Pp.120-130.

Направление фундаментальных исследований 22. Механика жидкости, газа и плазмы, многофазных и неидеальных сред, механика горения, детонации и взрыва:

1. На базе концепции самосогласованного поля разработан новый универсальный метод, позволяющий теоретически исследовать задачи динамики как вязких, так и невязких дисперсных сред с учетом гидродинамического взаимодействия дисперсных частиц. Разработанный метод применим для исследования широкого класса задач динамики дисперсных сред, включая:

- задачи динамики больших пространственно ограниченных кластеров дисперсных частиц в заданном внешнем потоке, в том числе в присутствии заданных внешних границ
- задачи фильтрации жидкости сквозь гранулированные среды
- задачи динамики тел, в том числе пористых и шероховатых, при их движении сквозь дисперсную среду
- совместные задачи динамики и процессов переноса в дисперсных средах.

На основе разработанного метода получен ряд новых результатов. В частности, решены задачи:

- о движении сферических тел произвольного размера в вязких и невязких дисперсных средах
- о движении жестких кластеров дисперсных частиц в потоке идеальной жидкости.

Полученные результаты могут быть использованы для инженерных расчетов различных технологических процессов в химической, нефте-химической промышленности, в медицине, в экологии, в биотехнологиях и т.д.

2. С целью создания эффективного гиперзвукового воздушно-реактивного двигателя (ГПВРД) без введения эмпирических констант теоретически определены закономерности реализации эффективных скоростей реакций горения топлив, соответствующие известным классическим экспериментам. Теоретически доказано существование реальной границы турбулентно горящих струй и ее фундаментальная роль в расчетах параметров факела горения.

Смоделированные на оригинальной компьютерной модели параметры обтекания модели ГПВРД и горения топлива подтверждены результатами, полученными экспериментально на гиперзвуковой аэродинамической трубе ИПРИМ РАН. В результате решена задача



оптимизации ряда геометрических характеристик ГПВРД, определено влияние давления в камере сгорания ГПВРД на скорость горения твёрдого и пастообразного топлива, предложено эмпирическое описание указанных закономерностей, построены рабочие характеристики ГПВРД, предложена оптимальная рецептура композитного топлива с наноприсадками, оптимизирована форма топливного заряда.

Полученные результаты повышают надежность эксплуатации ГПВРД, соответствуют мировому уровню и обеспечивают прогресс двойных технологий.

3. Разработана технология получения нового типа электрореологических суспензий с полимерной наноразмерной дисперсной фазой – частицами полиимида. Проведенные широкомасштабные реологические и электрореологические исследования полученных ЭРС показали, что по сравнению с известными, полученные среды обладает значительно более мощным электрореологическим эффектом: касательные напряжения и вязкость увеличиваются в десятки раз в электрическом поле. Подобные свойства позволяют отнести ЭРС на основе наноразмерных частиц полиимидов к классу “giant” (супермощных) электрочувствительных материалов.

Предложен новый подход к математическому моделированию течения сложных реологических сред в условиях нестационарного циклического нагружения. Для учёта энергоподсечения предложен феноменологический метод, основанный на использовании кинематического уравнения, коэффициенты которого определяются из анализа экспериментальных данных для объемлющего (пределного) цикла. Этот подход может быть использован при решении задач о нестационарных колебаниях различных механизмов с гистерезисным характером рассеяния энергии с рабочими телами в виде ЭРС.

Публикации:

1. Gus'kov O.B. A self-consistent field method applied to the dynamics of viscous suspensions // J. Appl. Math. Mech. 2013. Vol.77. Iss.4. Pp.401-411.
2. Koshoridze S.I., Levin Yu.K. The influence of a magnetic field on the coagulation of nanosized colloid particles // Tech. Phys. Lett. 2014. Vol.40. No.8. Pp.736-739.
3. Boshenyatov B.V. The theory of electric and thermal conductivity in bubble gas–liquid media // Doklady Physics. 2014. Vol. 59. No. 12. Pp. 601–603..
4. Yu.G. Yanovsky, N.A. Semenov, E.S. Kelbisheva, Yu.N. Karnet Electrorheological suspension with a nanosized polymeric dispersed phase significance and role of double dielectric layers // Composites: Mechanics, Computations, Applications. 2015. Vol.6. Iss.1. Pp.75-86.
5. Vorotilin V.P., Yanovskii Yu.G. Estimating the effective rate of fast chemical reactions with turbulent mixing of reactants // Journal of Experimental and Theoretical Physics, 2015. Vol.121. Iss.1. Pp.145-154.

Направление фундаментальных исследований 21. Общая механика, навигационные системы, динамика космических тел, транспортных средств и управляемых аппаратов, механика живых систем



1. Разработаны физико-химические основы нового метода детоксикации биожидкостей организма (крови, лимфы и др.) от эндо- и экзотоксинов различной природы на основе использования магнитоуправляемых нано- и микроразмерных сорбентов. Данная разработка актуальна, доступна для населения, и практически значима для таких областей медицины, как: кардиология, эндокринология, неврология, иммунология и т.п.

Развиты теоретические основы сорбции веществ с использованием магнитоуправляемых нано- и микрочастиц магнетита, покрытых специальными биосовместимыми молекулярными оболочками для осуществления специфической сорбции того или иного вида токсинов. Предложены технологии синтеза и синтезированы новые сорбенты, позволяющие удалять: низкомолекулярные токсические вещества, липопroteины низкой плотности, билирубин, креатинин, мочевину и почечные ферменты.

Сорбционная эффективность сорбентов исследовалась в экспериментах с плазмой крови и лимфы доноров на базе ряда медицинских учреждений. Показана высокая сорбционная эффективность ряда сорбентов по отношению к ингредиентам плазмы крови и лимфы, что представляет значительный практический интерес для медико-технических приложений.

2. Раннее обнаружение злокачественных новообразований – наиболее перспективный способ снижения смертности от онкологических заболеваний в глобальном масштабе, так как выявление опухолей на первой стадии дает возможность практически 100%-го излечения современными методами. Разработаны иммуноферментные (ИФА) и экспресс-тесты-биосенсоры (ИХА) для комплексной диагностики онкологических заболеваний с применением конъгатов нанозолота и ферментов с моноклональными антителами к наиболее диагностически ценным онкомаркерам: AFP; PSA, CEA, CA125, CA19.9. Методом ИФА показано, что в группе риска повышенная концентрация онкомаркеров встречается в следующем проценте случаев: AFP 87.8%; PSA 4,9%, CEA 34,1%; CA125 6,09%; CA19.9 28,04%. В контрольной группе повышение АФП, СЕА или PSA не обнаружено. Показано, что повышение концентрации нескольких онкомаркеров более информативно, чем одного, и более ценно для скрининговой диагностики. Таким образом разработка комплексных ИХА биосенсоров для выявления вышеперечисленных онкоантител имеет не только теоретическую, но и высокую практическую значимость. Аналогов на мировом рынке они не имеют. Разработанные онкомаркеры могут использоваться как врачами во время приема в поликлиниках, так и населением в качестве домашних тестов.

Публикации:

1. Boris Fuks, Dmitrii D. Petrunin, Evgeny I. Zaraisky, Marina N. Boltovskaya, Svetlana V. Nazimova, Nelly A. Starosvetskaya, Alexandre Konstantinov, Margarita I. Marshiskaia, Devices And Methods For Detecting Amniotic Fluid In Vaginal Secretions// Patent US20130071865, 2013
2. Boris Fuks, Dmitrii D. Petrunin, Evgeny I. Zaraisky, Marina N. Boltovskaya, Svetlana V. Nazimova, Nelly A. Starosvetskaya, Alexandre Konstantinov, Margarita I. Marshiskaia, Devices



And Methods For Detecting Amniotic Fluid In Vaginal Secretions // Patent US20140011220, 2014

3. Danilin A.N., Karandin V.I., Rozhkov A.G., Karnet Yu.N., Yanovsky Yu.G. Sorption activity of magnetically operated nanosorbents in biological media of the human body // Nanomechanics science and technology. 2014. Vol.5. Iss.1. Pp. 1-12.

4. Алёхин А.И., Гончаров Н.Г., Гусева М.А., Густова Т.А. Данилин А.Н., Карадин В.И., Романов А.И., Рожков А.Г., Яновский Ю.Г. Магнитоуправляемый сорбент для удаления эндо- и экзотоксинов из организма человека / Патент № 2516961, 2014.

13. Защищенные диссертационные работы, подготовленные период с 2013 по 2015 год на основе полевой опытной работы учреждения. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не представлена

14. Перечень наиболее значимых публикаций и монографий, подготовленных сотрудниками научной организации за период с 2013 по 2015 год

Список публикаций ИПРИМ РАН в журналах, индексированных WoS в 2013-2015 гг.

1. Goloveshkin V.A., Myagkov N.N. Estimating parameters of fragments forming at penetration of periodic system of strings into a semi-infinite target // International Journal of Impact Engineering. 2013. Volume: 61. Pages: 13-23. <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2013.06.003> IF 2,646

2. Savatorova V.L., Talonov A.V., Vlasov A.N. Homogenization of Thermoelasticity Processes in Composite Materials with Periodic Structure of Heterogeneities. // ZAMM Z. Angew. Math. Mech. 2013. Volume: 93. No.: 8. Pages: 575-596. DOI: 10.1002/zamm.201200032 IF 1,293

3. Kudryavtsev A.G. Exactly solvable two-dimensional stationary Schrodinger operators obtained by the nonlocal Darboux transformation // Physics Letters A. 2013. Volume: 377. Issue: 38. Pages: 2477-2480. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2013.07.036> IF 1,677

4. Yanovsky Y.G., Kozlov G.V., Karnet Y.N. Fractal description of significant nano-effects in polymer composites with nanosized fillers. Aggregation, phase interaction, and reinforcement // Physical Mesomechanics. 2013. Volume: 16. No.: 1. Pages: 9-22. DOI: 10.1134/S1029959913010025 IF 1,724

5. Lurie S., Belov P. Gradient effects in fracture mechanics for nano-structured materials // Engineering Fracture Mechanics. 2014. Volume: 130. Pages: 3-11. <http://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2014.07.032> IF 2,024.

6. Zhavoronok S. A Vekua-type linear theory of thick elastic shells // ZAMM - Zeitschrift fur Angewandte Mathematik und Mechanik. 2014. Volume: 94. Issue:1-2. Pages: 164-184. DOI: 10.1002/zamm.201200197 IF 1,293.



057109

7. Boshenyatov B.V. On calculation of effective transport coefficients in monodisperse suspension of spherical particles // Technical Physics Letters. 2015. Volume: 41. No.: 2. Pages: 136-138. DOI: 10.1134/S1063785015020054 IF 0,702
8. Vorotilin V.P., Yanovskii Y.G. Estimating the effective rate of fast chemical reactions with turbulent mixing of reactants // Journal of Experimental and Theoretical Physics. 2015. Volume: 121. No.: 1. 2015. Pages: 145-154. DOI: 10.1134/S1063776115060163 IF 0,953.
9. Myagkov N.N., Stepanov V.V. On projectile fragmentation at high-velocity perforation of a thin bumper // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 15 September 2014. Volume: 410. Pages: 120-130. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2014.05.021> IF 1,785.
10. Mikitaev A.K., Kozlov G.V., Yanovskii Y.G. Description of mechanical properties of particulate-filled nanostructured polymer composites using fractal analysis // Physical mesomechanics. 2015. Volume: 18. No.: 2. Pages: 149-157. DOI: 10.1134/S1029959915020071 IF 1,724.

Список монографий ИПРИМ РАН 2013-2015 гг.

1. G.V.Kozlov, Yu.G.Yanovsky, G.E.Zaikov Particulate-filled polymer nanocomposites: structure, properties, perspectives. New York: Nova Science Publishers, Inc. 2013. 283 p. ISBN: 978-1-62948-214-9.
2. Козлов Г.В., Яновский Ю.Г., Карнет Ю.Н. Физико-механические свойства наноструктурированных полимерных композитов в рамках фрактального и мультифрактального описаний. М.: OneBook, 2013. 340 с. ISBN 978-5-00077-006-1. Тираж 300 экз.
3. Гришанина Т.В., Шклярчук Ф.Н. Колебания упругих систем. Учебное пособие. М.: Изд-во МАИ. 2013. 100 с. ISBN 978-5-4316-0129-3. Тираж 250 экз.
4. Виноградов А.А., Данилин А.Н., Рабинский Л.Н. Деформирование многослойных проволочных конструкций спирального типа. Математическое моделирование, примеры использования. М.: Изд-во МАИ. 2014. 167 с. ISBN 978-5-4316-0226-9. Тираж 300 экз.
5. Петр Белов, Сергей Лурье Математическая теория дефектных сред. Градиентные теорииупругости, Формулировки. Иерархия. Сравнительный анализ. Приложения. М.: Palmarium Academic Publishing. 2014. 336 с. ISBN: 978-3-639-73761-5. Тираж 250 экз.
6. Паршиков И.А., Зарайский Е.И. Частная биотехнология и нанобиотехнология Том II. Биотехнологические и нанобиотехнологические подходы к созданию диагностических и лекарственных средств нового поколения для борьбы с малярией. М.: Эдитус. 2014. 120 с. ISBN 978-5-00058-066-0. Тираж 250 экз.
7. Бакулин В.Н. Острик А.В. Комплексное действие излучений и частиц на тонкостенные конструкции с гетерогенными покрытиями. М.: Физматлит. 2015. 279 с. ISBN 978-5-9221-1653-4. Тираж 250 экз.
8. Н.Н. Холин, В.А. Головешкин, В.А. Андрушченко. Математическое моделирование волновых явлений в конденсированных средах и динамика метеороидов. М.: ЛЕНАНД (URSS). 2015. 212 с. ISBN 978-5-9710-2410-1. Тираж 250 экз.



9. Гнездилов В.А., Дудченко А.А., Лурье С.А., Фирсанов В.В. Основы термоупругости композиционных материалов. Учебное пособие. М.: Беловодье. 2015. ISBN 978-5-93454-194-2. 144 с. Тираж 250 экз.

15. Гранты на проведение фундаментальных исследований, реализованные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского гуманитарного научного фонда, Российского научного фонда и другие

1. Грант Российской Научного Фонда «Электро- и магнитореологические устройства полуактивного управления и демпфирования колебаний упругих конструкций» (рук.: д.т.н. Ю.Г. Яновский). 2014-2016 гг. 14,5 млн.руб. Результаты: Разработаны методы создания перспективных полуактивных умных материалов с управляемыми электрическими полями вязкоупругими свойствами. Разработаны ЭР-устройства для демпфирования механических колебаний, имеющие в качестве рабочих тел электрореологические жидкости. Выполнено математическое моделирование нелинейных аэроупругих колебаний электропроводов с устройствами демпфирования и расстраивания колебаний с помощью ЭР-демпферов, переходных термоупругих колебаний стержней-удлинителей, антенн и штанг гравитационной стабилизации орбитальных КА при выходе из тени и с учётом гашения их с помощью ЭР-демпферов, нелинейных аэроупругих хаотических и случайных колебаний аэродинамических органов управления и панелей обшивки летательных аппаратов с учётом их гашении с помощью управляемых ЭР-демпферов.

2. Грант Российской Фонда Фундаментальных исследований 11-01-00503 «Вязкопластические и фазово-структурные явления в сплавах с памятью формы: экспериментальные исследования и моделирование» (рук. д.ф.-м.н. А.А.Мовчан). 2011-2013 гг. 2,025 млн.руб. Результаты: Получено экспериментальное подтверждение наличия у сплавов с памятью формы (СПФ) вязко-пластических свойств, не связанных с зависимостью от масштаба времени процесса теплопроводности. Предложены модели вязко-пластического поведения СПФ. Исследовано влияние вязко-пластических свойств СПФ на устойчивость элементов из этих материалов.

3. Грант Российской Фонда Фундаментальных исследований 12-08-00577 «Нелинейная динамика составных стержневых, тросовых и пластинчатых систем при больших упругих перемещениях» (рук. д.ф.-м.н. Ф.Н.Шклярчук). 2012-2014 гг. 1,52 млн.руб. Результаты: Проведены фундаментальные исследования по нелинейной нестационарной динамике составных упругих систем различного типа (стержневых, тросовых, пластинчатых) при больших упругих перемещениях. В качестве основного метода составления уравнений движения использован метод конечных элементов (МКЭ) в подвижных, связанных с каждым конечным элементом (КЭ), системах координат. При этом КЭ вместе со своей системой координат совершают большие перемещения и повороты как твёрдое тело и относительные малые перемещения с конечными упругими деформациями. Уравнения



движения системы КЭ со связями составлены в квазискоростях и обобщённых координатах на основании принципа возможных перемещений или как уравнения Эйлера-Лагранжа.

4. Грант Российского Фонда Фундаментальных исследований 12-01-00273 «Континуальная модель адгезионных взаимодействий в градиентной теории упругости и приложения в механике микро- и наноструктур» (рук. д.т.н. С.А.Лурье). 2012-2014 гг. 1,77 млн.руб. Результаты: Дано полное описание адгезионных эффектов; установлены базовых вариационных теоремы; представлена классификация адгезионных эффектов, связанных со свойствами поверхности деформируемых сред, и с межфазными о свойствами границ контакта деформируемых тел. Дано определение и анализ поверхностных взаимодействий на границах тел, соответствующих взаимодействиям в объеме среды. Установлена структура адгезионных свойств контактирующих фаз, и показано, что адгезионных параметры контакта определяются через адгезионные характеристики каждой из контактирующих фаз. Развиты аналитические методы оценки эффективных характеристик композиционных материалов с поверхностными адгезионными взаимодействиями, описываемых общими градиентными уравнениями, которые опираются на решения вспомогательной задачи (обобщенной задачи Эшелби). Приведены примеры определения эффективных механических характеристик композитов с адгезионно-активными поверхностями контакта фаз.

5. Грант Российского Фонда Фундаментальных исследований 14-01-00457 «Исследование влияния агрегации наночастиц наполнителей на физико-механические свойства и прочность полимерных композитов конструкционного назначения» (рук. д.т.н. А.Н.Власов). 2014-2016 гг. 1,94 млн.руб. Результаты: Теоретически и экспериментально исследовано явление агрегации наночастиц наполнителя в среде полимерных матриц при производстве композитов. Установлена взаимосвязь между размерами частиц наполнителей, их агрегатов и механическими и прочностными свойствами подобных материалов. Построены определяющие соотношения взаимосвязи макромеханических и прочностных свойств композитов с различными полимерными матрицами с параметрами их наноструктуры. Полученные в ходе выполнения проекта результаты положены в основу перспективной технологии снижения агрегационной активности частиц наполнителей при производстве нового поколения усиленных композиционных материалов конструкционного назначения.

6. Грант Российской Фонда Фундаментальных исследований 14-01-00189 «Моделирование процессов деформирования сплавов с памятью формы при фазовых и структурных превращениях, происходящих при немонотонном и реверсивном нагружении» (рук. д.ф.-м.н. А.А.Мовчан). 2014-2016 гг. 2,3 млн.руб. Результаты: Построена теория нелинейного деформирования сплавов с памятью формы при фазовых и структурных превращениях, количественно и качественно правильно описывающая отклик этих материалов на немонотонное (в том числе – реверсивное) нагружение.

7. Грант Российской Фонда Фундаментальных исследований 14-08-01048 «Моделирование поливолоконных селективно проницаемых мембран газоразделительных аппаратов»



(рук. к.ф.-м.н. В.В.Попов). 2014-2016 гг. 1,4 млн.руб. Результаты: Разработана математическая модель движения вязкого совершенного газа по половине мембраны с проницаемой стенкой. Используя которую получены аналитические выражения для распределения давления вдоль продольной оси волокна, балансовые соотношения для массовых расходов газа. Введено понятие характерной длины поло волоконной мембранны. Полученные аналитические выражения проверены путем прямого численного моделирования таких течений на основе полной системы уравнений сохранения аэродинамики.

8. Грант Российского Фонда Фундаментальных исследований 15-38-70040 мол_а_мос «Новые наноструктурированные эластомерные композиты с оптимальным балансом физико-механических свойств, упрочнённые частицами минеральных наполнителей» (рук. к.т.н. Ю.В.Корнев). 2015-2016 гг. 2,0 млн.руб. Результаты: Впервые получен эффект упрочнения (до 4-х раз) эластомерных композитов с применением нанодисперсных минеральных наполнителей природного происхождения в сочетании с модификатором поверхности наполнителя. При моделировании механического поведения рассмотренных композитов установлено, что модель Огдена ($N=2$) для определяющих соотношений матрицы и метод осреднения Мори-Танака представляются наиболее оптимальными.

9. Грант Российского Фонда Фундаментальных исследований 15-08-02944 «Моделирование напряженно-деформированного состояния упругих пористых сред в условиях термомеханического нагружения» (рук.: к.ф.-м.н. Ю.О. Соляев). 2015-2017 гг. 1,02 млн.руб. Результаты: На основании численного моделирования с использованием метода конечных элементов, адаптированного к постановке задачи микродилатационной теории упругости, исследованы задачи четырехточечного, трехточечного, чистого и консольного изгиба балки. Показано, что для оценки влияния масштабных, связанных и поверхностных эффектов на жесткость микродилатационной балки в любых испытаниях на изгиб можно использовать приближенную аналитическую формулу, которая следует из решения задачи чистого изгиба. Показано, что микродилатационные среды – это среды, в которых при определенных условиях может проявляться отрицательный эффект Пуассона. В качестве наглядного примера среды с микродилатацией предложена стержневая модель (lattice) метаматериала с отрицательным коэффициентом Пуассона. Показана идентичность масштабных и связанных эффектов, возникающих в балках из таких метаматериалов и в соответствующих балках из сплошной упругой среды, в которых присутствуют эффекты микродилатации.

10. Грант РФФИ 15-01-00565 «Фрагментация ударника при высокоскоростном пробитии тонких экранов» (рук. д.ф.-м.н. Н.Н.Мягков). 2015-2017 гг. 1,2 млн.руб. Результаты: Проведено численное моделирование (методом гладких частиц) ранее выполненных экспериментов по фрагментации алюминиевого ударника на одиночных сеточных экранах (со скоростями удара до 3.5 км/сек). Исследованы изменения в структуре и изменения в статистике микродефектов алюминиевого сплава в области вокруг кратера, образованного



гиперскоростным ударом. Установлено, что микро- и нано-структура материала, окружающего кратер, существенно меняется при удалении от кратера вглубь образца.

- 16. Гранты, реализованные на основе полевой опытной работы организации при поддержке российских и международных научных фондов. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».**

Информация не представлена

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты поисковых и прикладных исследований

- 17. Поисковые и прикладные проекты, реализованные в рамках федеральных целевых программ, а также при поддержке фондов развития в период с 2013 по 2015 год**

Информация не представлена

Внедренческий потенциал научной организации

- 18. Наличие технологической инфраструктуры для прикладных исследований**

Информация не представлена

- 19. Перечень наиболее значимых разработок организации, которые были внедрены за период с 2013 по 2015 год**

Информация не представлена

ЭКСПЕРТНАЯ И ДОГОВОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ

Экспертная деятельность научных организаций

- 20. Подготовка нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения, в том числе стандартов, норм, правил, технических регламентов и иных регулирующих документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, международными и межгосударственными органами**

Информация не представлена



Выполнение научно-исследовательских работ и услуг в интересах других организаций

21. Перечень наиболее значимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и услуг, выполненных по договорам за период с 2013 по 2015 год

Нижеперечисленные НИР выполнялись в 2013-2015 гг. по договорам в рамках Федеральной целевой программы «Развитие гражданской авиационной техники России на 2002-2010 годы и на период до 2015 года»

Заказчик: Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэро-гидродинамический институт имени профессора Н.Е.Жуковского (ФГУП «ЦАГИ»)

Работы проводились в рамках Государственного контракта от 27 февраля 2013 г. № 13411.1003899.18.023 с Министерством промышленности и торговли РФ

2013-й год:

«Исследование структуры и свойств наномодифицированной клеевой композиции, предназначенной для повышения прочности узлов соединений авиационных конструкций на основе полимерных композиционных материалов» Шифр «Основа».

Основные полученные результаты: В ходе проведенного компьютерного моделирования были определены перспективные наполнители эпоксидных клеев, изучены их поведение и свойства. Был выполнен сравнительный анализ немодифицированных наполнителей, а также компьютерный подбор модификации компонентов эпоксидных клеев для улучшения их механических свойств. Экспериментальные исследования позволили установить увеличение упругих свойств клеевой композиции с добавлением углеродных нанотрубок в состав клеевых соединений. Отмечена пористость полученных образцов при введении нанотрубок в состав клеевой композиции стандартным методом. Прочность клеевого соединения с добавками углеродных нанотрубок увеличивается до 20%.

2014-й год:

«Исследование влияния технологии изготовления на свойства наномодифицированной клеевой композиции, предназначенной для повышения прочности узлов соединений авиационных конструкций на основе полимерных композиционных материалов» Шифр «Основа».

Основные полученные результаты: Проведено численное моделирование (методы квантовой химии и квантовой механики) взаимодействия наномодифицированной клеевой композиции с поверхностями образцов алюминиевых и титановых сплавов. Исследованы упругие свойства наномодифицированной (в качестве модификатора применялся углеродный материал «Таунит») клеевой композиции в микро- и наномасштабах, в зависимости от технологии её получения и режима дегазации. Проведена оценка параметров пористости наномодифицированной клеевой композиции в зависимости от технологии её получения



и режима дегазации. Исследованы параметры шероховатости поверхности металлических сплавов.

2015-й год:

«Теоретико-экспериментальное исследование особенностей действия добавок графена в составе наномодифицированной kleевой композиции для повышения прочности узлов соединений авиационных конструкций на основе полимерных композиционных материалов» шифр «Основа».

Основные полученные результаты: В компьютерном эксперименте были рассмотрены графен и оксид графена как потенциальные наполнители эпоксидных kleев. Полученные результаты моделирования подтвердили, что графен и оксид графена являются эффективными наполнителями, придающими kleевой композиции высокие механические сдвиговые показатели. В ходе экспериментальных исследований установлена оптимальная концентрация добавок графена в состав kleевой композиции. Показано, что упрочняющий эффект от добавок графена в kleевые соединения составляет порядка 15-17% и находится на уровне действия добавок нанотрубок, что было установлено на более ранних этапах работы. Отмечена важность отработки технологии введения добавок графена в состав kleевой композиции.

В 2013-м году по договору в рамках Федеральной целевой программы «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией РФ на 2008-2015гг» по заказу ФГБУН Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН ИПРИМ РАН была проведена закрытая работа по теме «Разработка методов математического моделирования и прогнозирования проявлений природной активности катастрофического характера, способов уменьшения их последствий» (шифр «Параллель-ИПРИМ»). Основные полученные результаты: гриф ДСП.

Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении (представляются по желанию организации в свободной форме)

22. Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении, а также информация, которую организация хочет сообщить о себе дополнительно

Постановлением Правительства Российской Федерации ФГБУН Институт прикладной механики РАН (ИПРИМ РАН) включен в Сводный реестр организаций оборонно-промышленного комплекса.

Численность молодых сотрудников ИПРИМ РАН (до 29 лет) ежегодно составляет не менее 30% списочного состава ученых института.

В отчетный период молодыми сотрудниками были получены 2-а гранта Президента Российской Федерации - МК-5101.2013.8 (2013-й год) и МК-6472.2015.8 (2015-й год) и



4-е гранта Российского Фонда Фундаментальных исследований (12-01-31220, 13-01-90724, 15-38-70040, 15-08-02944).

ИПРИМ РАН является учредителем и с 1995 года издает Всероссийский научный журнал "Механика композиционных материалов и конструкций". Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) (<http://www.elibrary.ru>), размещен в составе базы данных Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science (http://elibrary.ru/rsci_press.asp), включен в список ВАК 2016 года (под номером 1610 на странице 164 <http://vak.ed.gov.ru/87;jsessionid=ja3hJy8a7Fxg-uXwspxVtETu>).

ИПРИМ РАН ежегодно проводит 1-2 научные конференции:

- 1) 2-я Всероссийская научная конференция «Механика наноструктурированных материалов и систем» (17-19 декабря 2013г.)
- 2) Всероссийская научная конференция с международным участием «Современные проблемы механики гетерогенных сред» к 100-летию со дня рождения академика В.В.Струминского (28-30 апреля 2014 года)
- 3) Всероссийская научная конференция с международным участием «Механика и наномеханика структурно-сложных и гетерогенных сред. Успехи, проблемы, перспективы» (23-25 декабря 2014 г.)
- 4) Всероссийская научная конференция с международным участием «Механика композиционных материалов и конструкций, сложных и гетерогенных сред», посвященная 95-летию со дня рождения академика И.Ф. Образцова (15-17 декабря 2015 г.)

ФИО руководителя А. Н. Власов

Подпись 

Дата 22.05.2017



057109