

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОВЕДЕНИЯ РАН

ОБ ИНСТИТУТЕ

История института

- ❁ ИПМаш РАН возник в 1986 как Ленинградский филиал Института машиноведения имени А. А. Благонравова АН СССР.

В 1991 году он был преобразован в самостоятельный институт.

- ❁ Область исследований Института — динамика, прочность и надежность машин и конструкций, в том числе морских, арктических и подводных, работающих в экстремальных условиях.
- ❁ Основные сферы интересов Института — механика, термодинамика и кинетика переходных процессов в наноматериалах и "умных" материалах, фазовые переходы и дефекты структуры, динамика вибрационных, волновых и виброударных процессов, теория и методы процессов управления в сложных физических и технических системах, нано- и микротрибология.

Общая информация

Общее количество научных сотрудников ИПМаш РАН - **117** человек. Из них:

49 – доктора наук

44 – кандидаты наук

Сотрудники ИПМаш РАН - **академики и члены-корреспонденты РАН:**

1. Беляев А.К. – член-корреспондент РАН
2. Кривцов А.М. – член-корреспондент РАН
3. Морозов Н.Ф. – академик РАН
4. Петров Ю.В. – член-корреспондент РАН

Публикационная активность

Общее количество опубликованных работ в изданиях из списка WoS за последние три года: 681



Контакты

Адрес: 199178, Санкт-Петербург, Большой пр. В.О., д. 61,

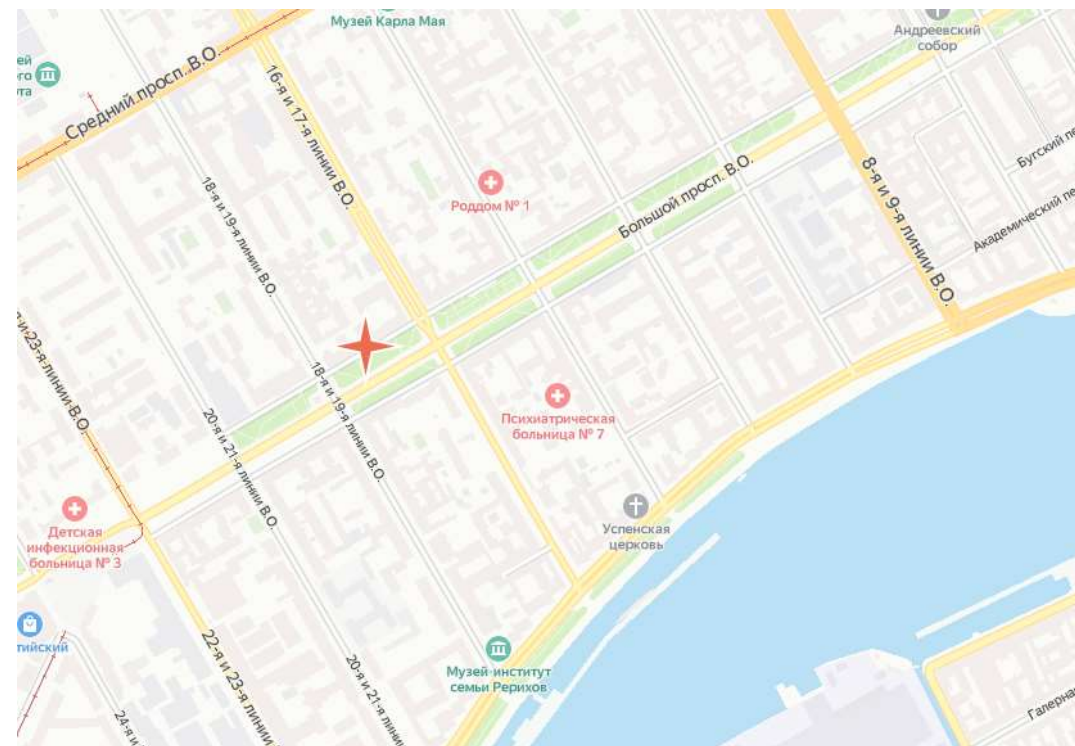
Тел.: +7-812-3214778

Факс: +7-812-3214771

<http://www.ipme.ru>

Директор:
Полянский Владимир Анатольевич

e-mail: pva@pme.ru



Сотрудничество



Санкт-Петербургский
государственный
университет

Математико-механический факультет
(акад. РАН Морозов Н.Ф.
чл.-корр. РАН Петров Ю.В.)
проф. Фрадков А.Л.
проф. Кузнецов Н.В.).



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

(проф. Кукушкин С.А.
проф. Фрадков А.Л.
проф. Фуртат И.Б.
Осипов А.В.
Редьков А.В.)



ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Институт прикладной математики
и механики
чл.-корр. РАН Беляев А.К.
чл.-корр. РАН Кривцов А.М.,
проф. Кузнецов Н.В.)

Институт компьютерных наук
и технологий
(проф. Полянский В.А.)



(проф. Кукушкин С.А.,
Осипов А.В.,
Редьков А.В.)

Международное сотрудничество



Международное сотрудничество

Общее число работ, опубликованных совместно с зарубежными организациями за последние три года: **247**



ЛАБОРАТОРИИ

Научные направления

ИПМаш РАН осуществляет исследования по 4-м основным научным направлениям:

Механика и физика
неидеальных и многофазных
сред



Экстремальные состояния
материалов и конструкций

Нелинейная динамика машин, теория
и методы построения машин
вибрационного, волнового и ударного
принципа действия

Теория и методы автоматического
управления машинами и сложными
физико-техническими системами в
условиях неполной информации

Лаборатории

В структуру ИПМаш РАН входят **16** лабораторий, **НОЦ** и **УНУ**:

1. Механика и физика неидеальных и многофазных сред

- ⚙ Лаборатория механики наноматериалов и теории дефектов
- ⚙ Лаборатория «Дискретные модели механики»
- ⚙ Лаборатория «Модифицирование поверхностей материалов»
- ⚙ Лаборатория структурных и фазовых превращений в конденсированных средах
- ⚙ Лаборатория прикладных исследований
- ⚙ Лаборатория микромеханики материалов

2. Нелинейная динамика машин, теория и методы построения машин вибрационного, волнового и ударного принципа действия

- ⚙ Лаборатория мехатроники
- ⚙ Лаборатория вибрационной механики

Лаборатории

В структуру ИПМаш РАН входят **18** лабораторий, **НОЦ** и **УНУ**:

3. Экстремальные состояния материалов и конструкций

- ⚙ Лаборатория физики разрушения
- ⚙ Лаборатория математических методов механики материалов
- ⚙ Лаборатория математического моделирования волновых процессов
- ⚙ Лаборатория динамики экстремальных состояний и структурных превращений
- ⚙ Лаборатория трения и износа

4. Теория и методы автоматического управления машинами и сложными физико-техническими системами в условиях неполной информации

- ⚙ Лаборатория управления сложными системами
- ⚙ Лаборатория интеллектуальных электромеханических систем
- ⚙ Лаборатория адаптивного и интеллектуального управления сетевыми и распределенными системами (АдИн)
- ⚙ Лаборатория методов анализа надежности
- ⚙ Лаборатория информационно-управляющих систем

Лаборатории

В структуру ИПМаш РАН входят **18** лабораторий, **НОЦ** и **УНУ**:

- ⚙ Научно-образовательный центр ИПМаш РАН и молодежная лаборатория "**Искусственный интеллект в киберфизических системах**" (НОЦ ИИ-КФС)
- ⚙ Уникальная научная установка «**Физика, химия, и механика кристаллов и тонких плёнок**»

Лаборатории

1. Лаборатория математического моделирования волновых процессов (зав. лаб. Мотыгин О.В.)

Направления исследований:

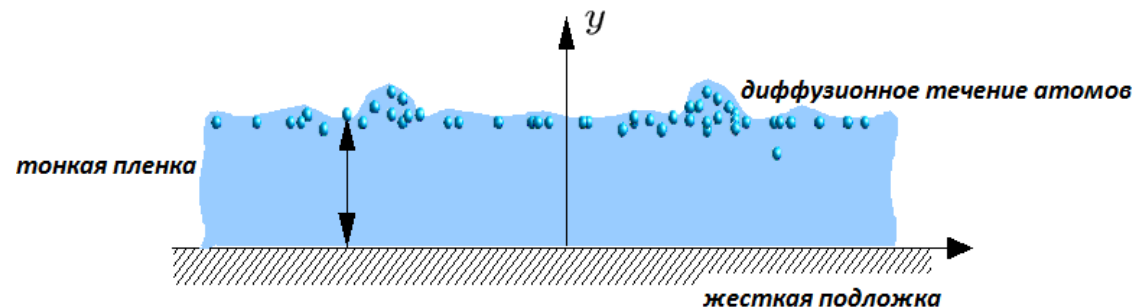
- ✿ Теоретические исследования волновых процессов в жидкости, твердых телах и сплошных средах со сложной реологией
- ✿ Линейная и нелинейная волновая динамика в упругих и упруго-акустических средах, локализация волн на включениях
- ✿ Волновые и ударно-волновые процессы в многокомпонентных моделях сплошной среды
- ✿ Реологическое поведение жидких кристаллов в микро- и нано объемах
- ✿ Задачи гидродинамики со свободными границами

Лаборатории

1. Лаборатория математического моделирования волновых процессов (зав. лаб. Мотыгин О.В.)

Направления исследований:

- ❁ Локализация волн в средах с неровностями и включениями с собственной динамикой
 - ❁ Упругие тела с elastic с включениями из множества элементов
 - ❁ Локализованная динамика систем типа «жидкость-упругое тело»
- ❁ Нестационарные и нелинейные волны
 - ❁ Вибрация стержней с различными модулями упругости
 - ❁ Движение фазовых границ в стержне при волновом возбуждении
 - ❁ Диффузионный рост островков на поверхности тонкой пленки



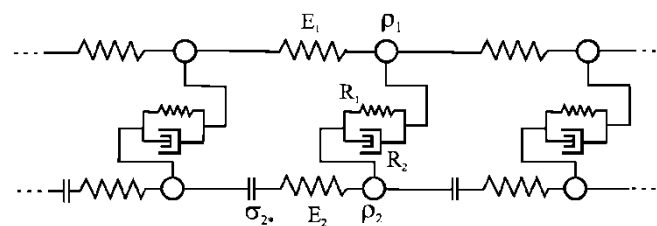
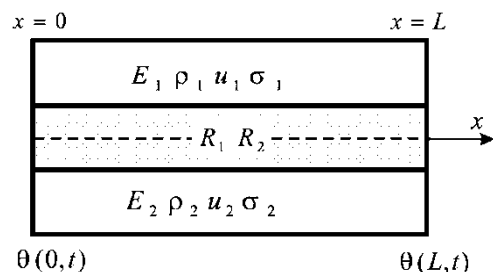
Лаборатории

1. Лаборатория математического моделирования волновых процессов (зав. лаб. Мотыгин О.В.)

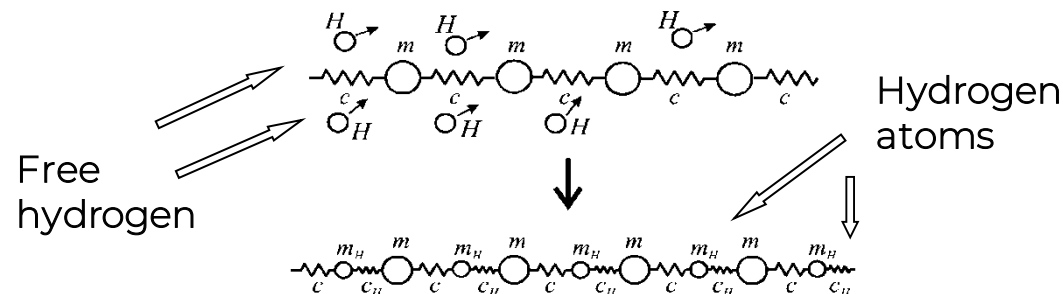
Направления исследований:

- Математические модели волновых процессов в материалах с неоднородной внутренней структурой

- стержень с реологическими элементами разрушения,
- температурная нагрузка на конце стержня сложной структуры



- водородная хрупкость материала



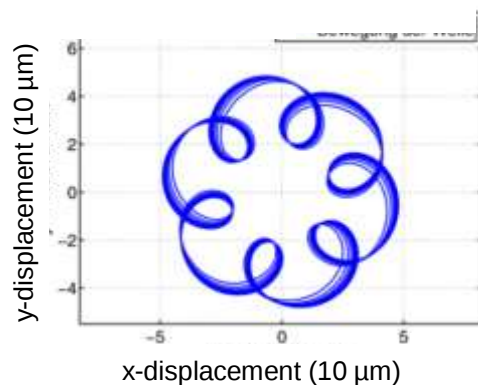
Лаборатории

2. Лаборатория Мехатроники (зав. лаб. **Беляев А.К.**)

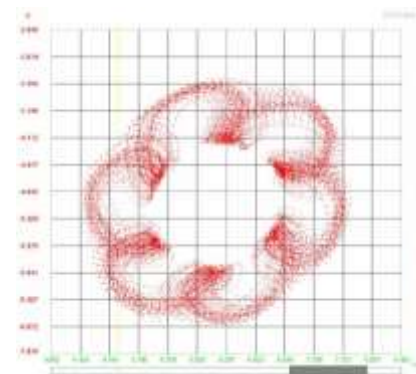
Динамика и устойчивость турбокомпрессора



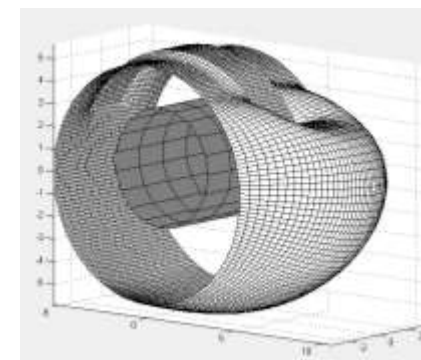
Угловая скорость ротора 214.600 rpm



Вычисления



Тест

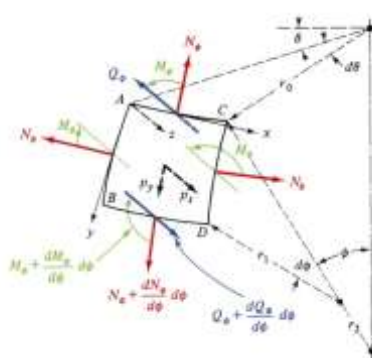


*Распределение давления
масла в подшипнике
скольжения*

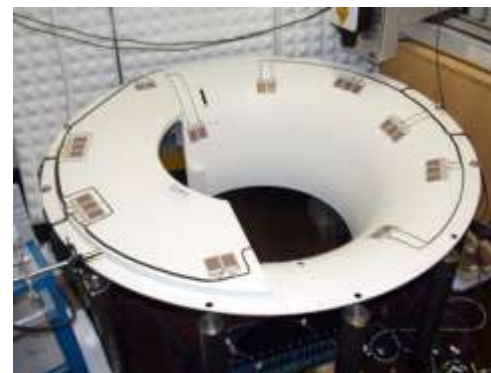
Лаборатории

2. Лаборатория Мехатроники (зав. лаб. Беляев А.К.)

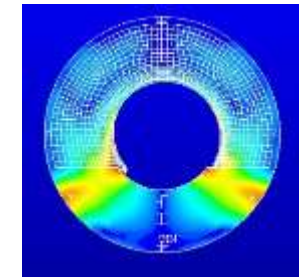
Активная компенсация вибрации магнито-резонансного томографа



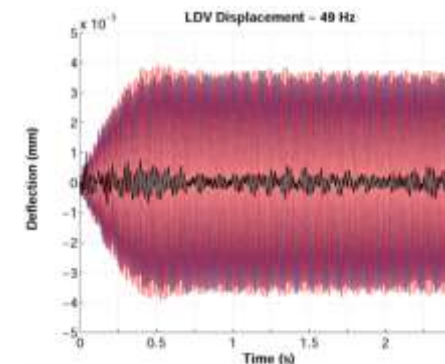
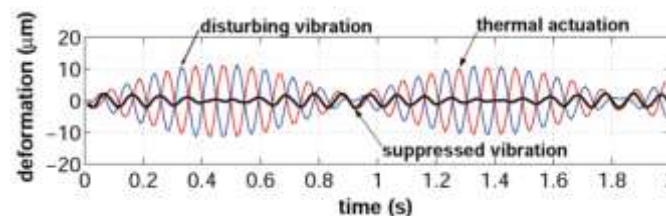
Теория



Тест



FEM



Лаборатории

2. Лаборатория Мехатроники (зав. лаб. Беляев А.К.)

Обнаружение подводной аномалии

1. Постановка задачи



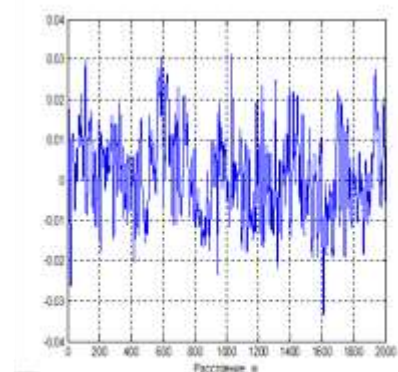
2



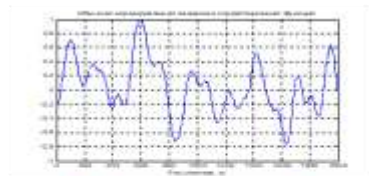
Лаборатории

2. Лаборатория Мехатроники (зав. лаб. Беляев А.К.)

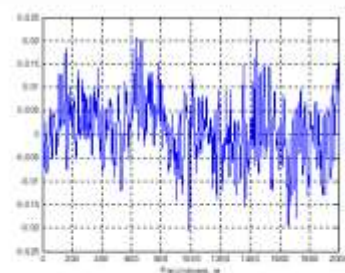
Обнаружение подводной аномалии



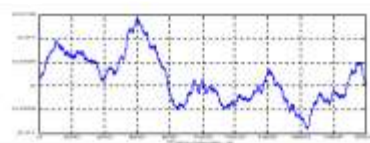
Простейшая статическая
фильтрация



**Стандартный
корреляционный
анализ**



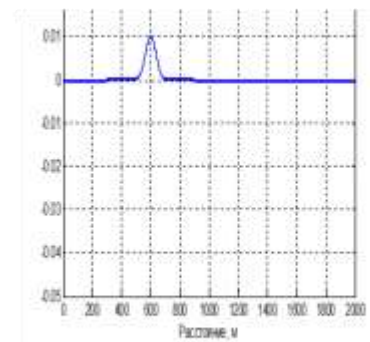
Прямая динамическая
фильтрация



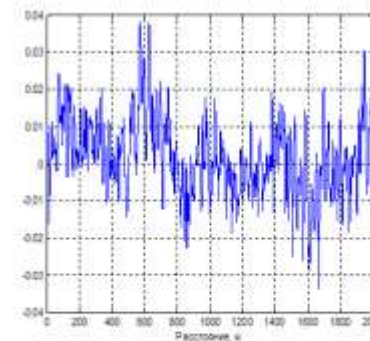
Двухсторонняя
динамическая фильтрация



Двухсторонняя динамическая
фильтрация профиля следа



Профиль следа

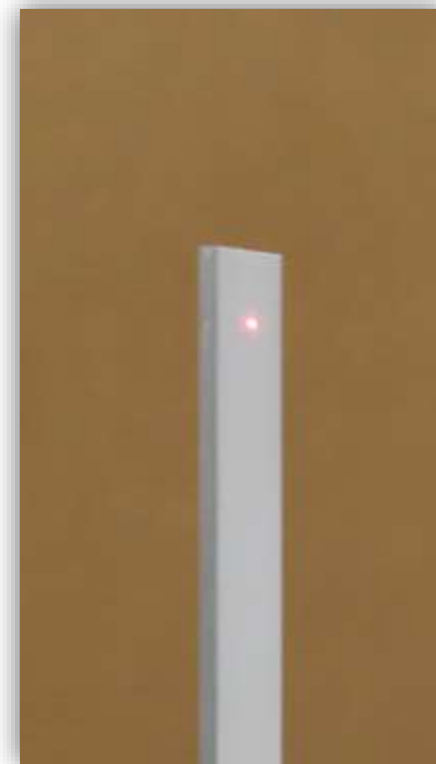
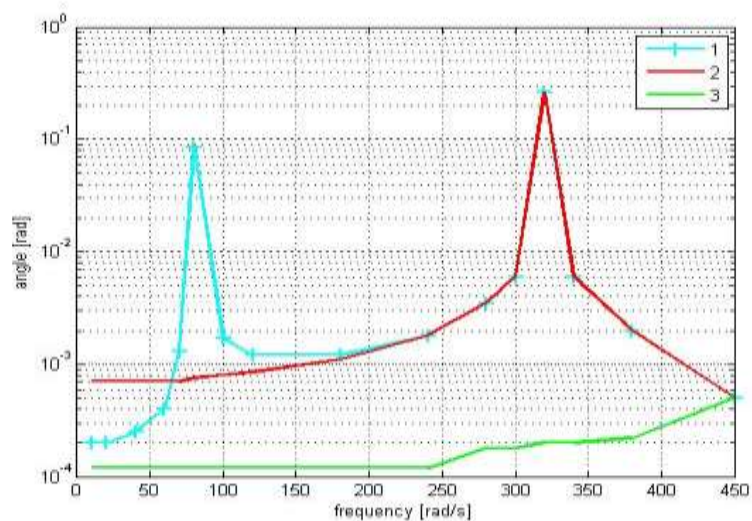


Несмещенная двухсторонняя
динамическая фильтрация

Лаборатории

2. Лаборатория Мехатроники (зав. лаб. Беляев А.К.)

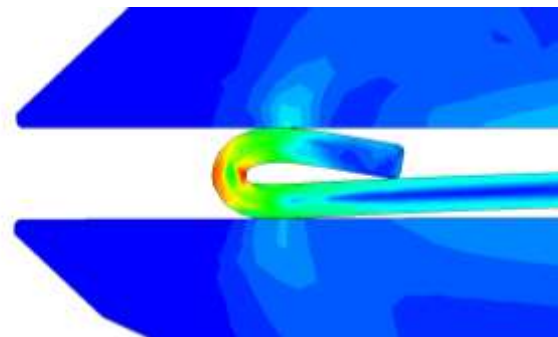
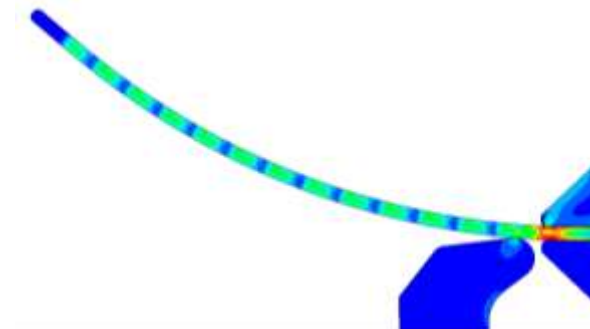
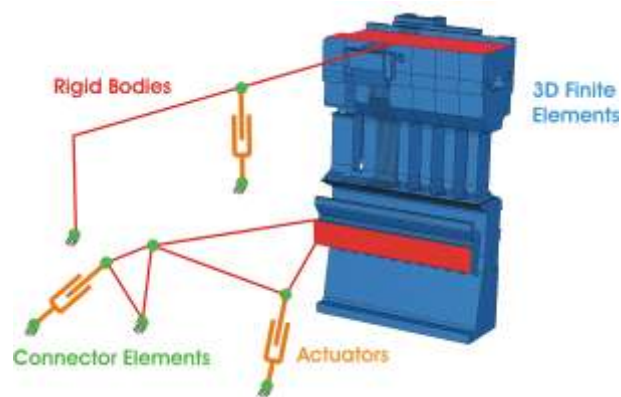
Боиморфное подавление вибрации балки



Лаборатории

2. Лаборатория Мехатроники (зав. лаб. Беляев А.К.)

Изгиб образца тонкого металла



Лаборатории

3. Лаборатория механики наноматериалов и теории дефектов (зав. лаб. Гуткин М.Ю.)

Направления исследований:

- Теория дефектов, границ, пластических деформаций и процессов разрушения в наноструктурных и нанокомпозитных материалах.
- Теория дефектов и границ в квантовых точках, нанопроволках и нано пленках.
- Теория дефектов, границ, пластических деформаций и процессов разрушения в крупнозернистых поликристаллах и композитных материалах.

Лаборатории

4. Лаборатория математических методов механики материалов (зав. лаб. Фрейдин А.Б.)

Направления исследований:

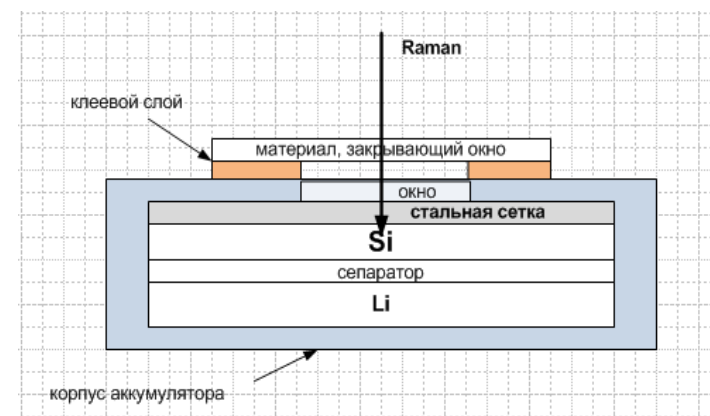
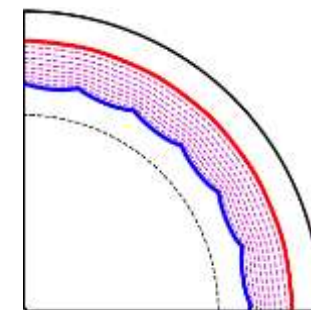
- ✿ Моделирование влияния термомеханических воздействий на фазовые превращения и химические реакции в неоднородных материалах
- ✿ Биомеханика
- ✿ Волновые процессы в цилиндрических и периодических волноводах, акустических, квантовых, упругих и пьезоэлектрических, а также волны на поверхности жидкости
- ✿ Асимптотический анализ краевых задач с сингулярными возмущениями
- ✿ Спектральные задачи в областях с пикообразными заострениями границы
- ✿ Моделирование кровеносной системы, в частности, артериального и венозного деревьев

Лаборатории

4. Лаборатория математических методов механики материалов (зав. лаб. Фрейдин А.Б.)

Направления исследований:

- ✿ Механохимия перспективных анодов в литий-ионных аккумуляторах
 - ✿ **Мотивация:** фундаментальная составляющая и инженерные применения
 - ✿ **Цели:** Развитие механохимической теории работы анода в литий-ионной батарее
 - ✿ **Методы:** Моделирование, основанное на фундаментальных принципах механики сплошной среды. Эксперименты
 - ✿ **Теоретическая модель:** основана на концепции тензора химического сродства.
 - ✿ Эффекты потери устойчивости фронта реакции



Сборка и проверка работы батареи

Лаборатории

5. Лаборатория микромеханики материалов (зав. лаб. Порубов А.В.)

Направления исследований:

- ❖ Моделирование нелинейных волновых процессов в средах со сложной внутренней структурой
- ❖ Исследование влияния микроструктуры на окружающие условия для появления и поведения различных дефектов.
- ❖ Компьютерная симуляция поведения жидкости в наноразмерных каналах и твердых телах под деформацией.
- ❖ Получение аналитических и численных решений нелинейных волновых уравнений.
- ❖ Развитие численных методов для исследования процессов в био-механическом окружении, жидкостях и твердых телах, процессов переноса тепла и смазки

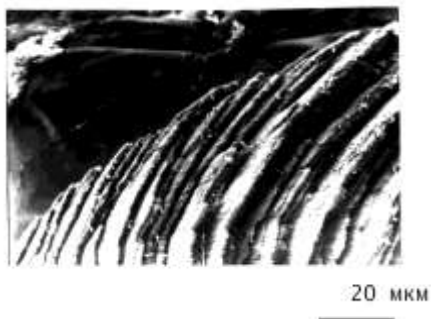
Лаборатории

6. Лаборатория трения и износа (зав. лаб. Седакова Е.Б.)

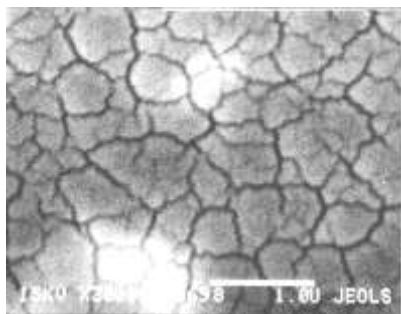
Направления исследований:

- ✿ Влияние трения на структуру и износ вещества
- ✿ Цели: Фундаментальные свойства. In-situ контроль износа и диагностика
- ✿ Методы: традиционные, акустическая эмиссия, анализ продуктов износа.

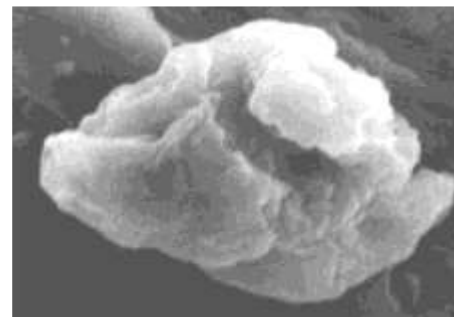
Результат трения:



Металлы.
Слой поверхности меди



Керамики SiC+SiO₂
Трещины в SiO₂



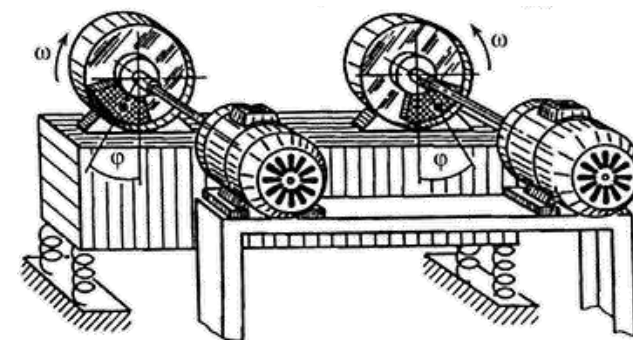
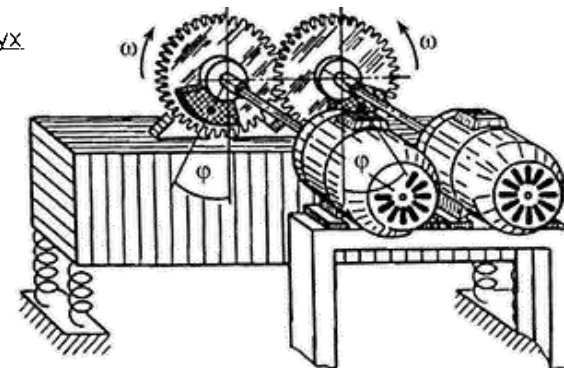
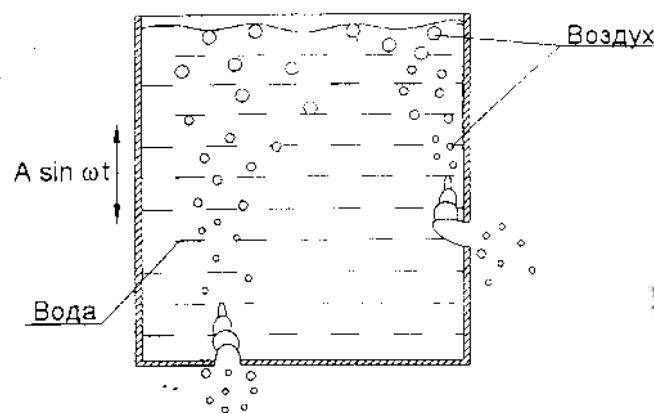
Полиамид,
частица

Лаборатории

7. Лаборатория вибрационной механики (зав. лаб. Блехман Л.И.)

Направления исследований:

- ✿ Вибрационная механика,
- ✿ Вибрационная реология
- ✿ Применения:
 - ✿ Вибрационный инжиниринг
 - ✿ Очистка минеральных продуктов
 - ✿ Механика гранулированных материалов
 - ✿ Вибрационная транспортировка
 - ✿ Синхронизация тел вращения
 - ✿ Вибрационное внедрение газа в жидкость

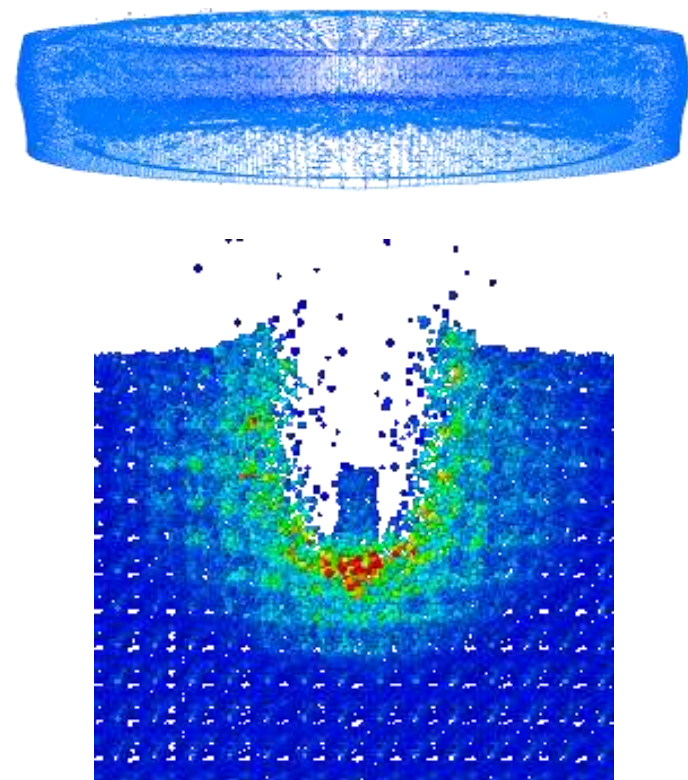


Лаборатории

8. Лаборатория «Дискретные модели в механике» (зав. лаб. Кривцов А.М.)

Направления исследований:

- ❁ Многомасштабное моделирование с использованием частиц
 - ❁ Молекулярные системы, наноструктуры ($>10^{-10}$ m)
 - ❁ Среды с микроструктурой, гранулированные среды ($>10^{-7}$ m)
 - ❁ Деформация и разрушение макроскопических тел ($>10^{-3}$ m)
 - ❁ Астрофизические системы ($>10^3$ m)

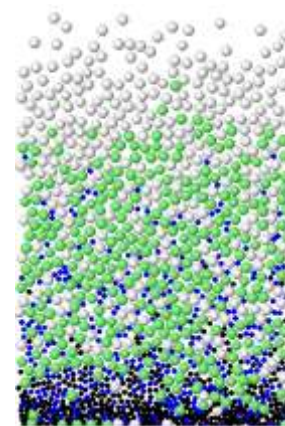
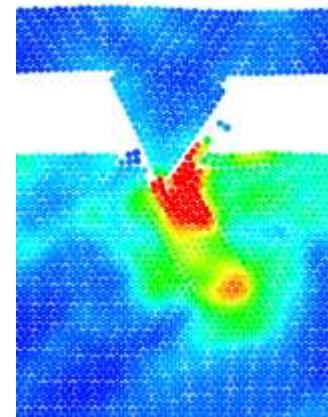
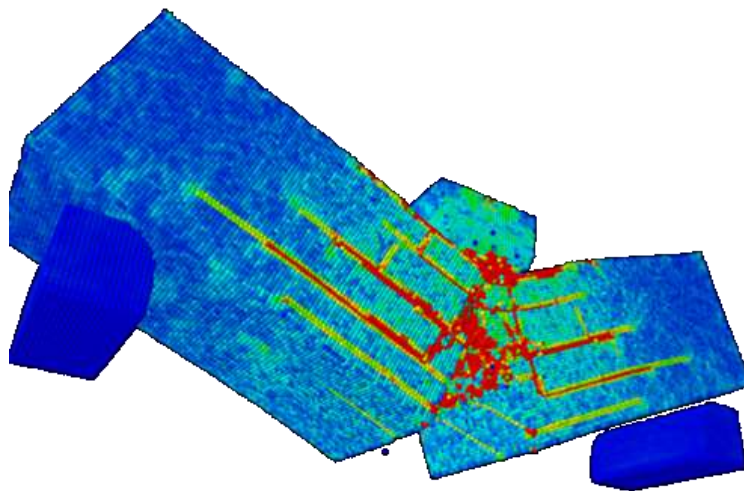


Лаборатории

8. Лаборатория «Дискретные модели в механике» (зав. лаб. Кривцов А.М.)

✿ Применения:

- ✿ Ударная прочность
- ✿ Пенетрация
- ✿ Откольное разрушение
- ✿ Сегрегация
- ✿ Бурение



Лаборатории

9. Лаборатория структурных и фазовых превращений в конденсированных средах (зав. лаб. Кукушкин С.А.)

Направления исследований:

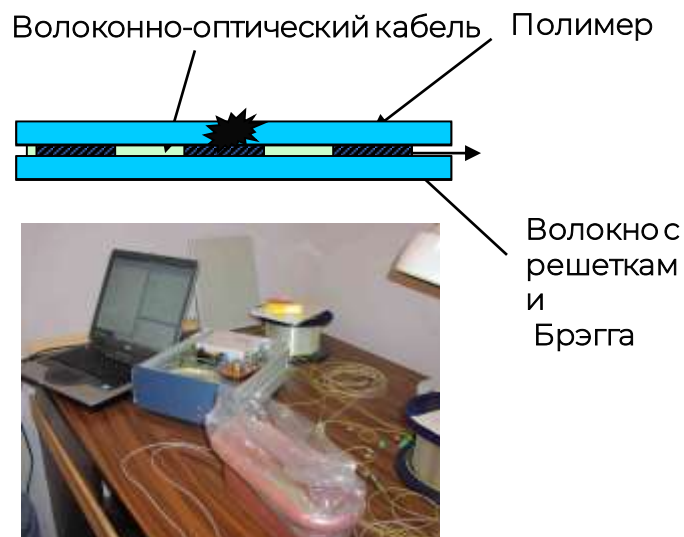
- ✿ Теоретическое и экспериментальное исследование фундаментальных процессов, протекающих при фазовых превращениях в одно- и многокомпонентных системах и наноматериалах, и тонких пленках.
- ✿ Фазовые переходы первого рода, образование и рост наноструктур, рост тонких пленок и защитных покрытий, рост тонких пленок полупроводников и диэлектриков для микро и –оптоэлектроники, микромеханика деформируемых твердых тел и процессы разрушения, теория нелинейных явлений и волн, возникающих при фазовых переходах и процессах кристаллизации.
- ✿ Формирование квантовых точек.
- ✿ Эффекты переключения в сегнетоэлектриках и сегнетоэластиках.
- ✿ Формирование пор и трещин в твердых телах

Лаборатории

9. Лаборатория структурных и фазовых превращений в конденсированных средах (зав. лаб. Кукушкин С.А.)

Основные результаты:

Создан действующий макет волоконно-оптического датчика утечки нефтепродуктов, работающий на основе специальным образом созданных волокне микро и –нанопор, выполняющих роль решеток Брэгга.



Впервые выращены объемные слои AlN, AlGaN и GaN на SiC/Si(111).



(a)



(b)



(c)

(a) AlN толщиной 118 мкм; (b). объемные слои AlGaN толщиной 450 мкм; (c). объемные слои GaN толщиной 180 мкм.

Лаборатории

9. Лаборатория структурных и фазовых превращений в конденсированных средах (зав. лаб. Кукушкин С.А.)

Основные результаты:

- ✿ Предложен теоретически и реализован экспериментально принципиально новый метод осаждения карбида кремния на кремнии, который заключается в создании в структуре матрицы подложки, путем замещения основных атомов Si на дилатационные диполи. Создание дилатационных диполей привело к замене атомов матрицы кремния на атомы углерода с образованием молекул карбида кремния без возникновения упругих напряжений!
- ✿ На основе данного метода разработана абсолютно новая инновационная технология получения гетероструктур на основе широкозонных полупроводников для микро и-оптоэлектроники на кремниевых подложках.
- ✿ Впервые в мировой практике на кремниевой подложке с буферным слоем нанокарбида кремния получена светодиодная структура. Впервые, во всяком случае, в России получен работающий макет светодиода на кремнии!
- ✿ Созданы научно—технологические основы для создания промышленного производства светодиодных гетероструктур на кремнии с наномасштабным буферным слоем карбида кремния. Решена одна из основных проблем современной микроэлектроники – разработаны фундаментальные и прикладные основы синтеза гетероструктур широкозонных полупроводников нитридов V группы на кремнии, на основе которых можно создавать широкий спектр приборов: от светодиодов, транзисторов и лазеров, до различного рода датчиков и других приборов микро-оптоэлектроники.
- ✿ Теоретически предсказан и экспериментально обнаружен новый тип связанных фазовых переходов первого рода при формировании многокомпонентных твердых фаз в твердых телах.

Лаборатории

9. Лаборатория структурных и фазовых превращений в конденсированных средах (зав. лаб. Кукушкин С.А.)

Основные результаты:

Образцы пленок карбида кремния на подложках Si диаметром 2, 3, 4 и 6 дюймов (150 мм)



Светодиоды на основе гетероструктур GaN/AlGaN/AlN, выращенных на кремниевой подложке с буферным слоем карбида кремния

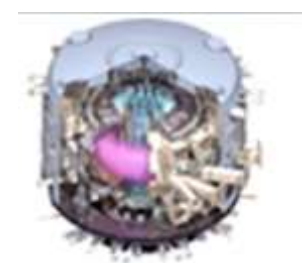
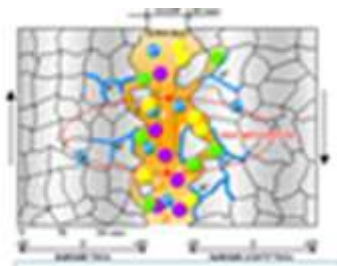


Лаборатории

10. Лаборатория прикладных исследований (зав. лаб. Яковлев Ю.А.)

Направления исследований:

- ⚙ Водородная диагностика
- ⚙ Влияние водорода на усталостную прочность и замедленное разрушение
 - ⚙ Разрушение поверхности трения
 - ⚙ Разрушение подшипников качения
 - ⚙ Разрушение колес высокоскоростных поездов
 - ⚙ Лопатки газотурбинных двигателей
 - ⚙ Высокопрочный крепеж в строительстве, автомобильной промышленности и авиации
 - ⚙ Материалы ядерной и термоядерной энергетики



Лаборатории

10. Лаборатория прикладных исследований (зав. лаб. Яковлев Ю.А.)

Направления исследований:

- ❁ Моделирование стресс-коррозии в стенках газопровода
- ❁ Хрупкое разрушение в результате водородного растрескивания

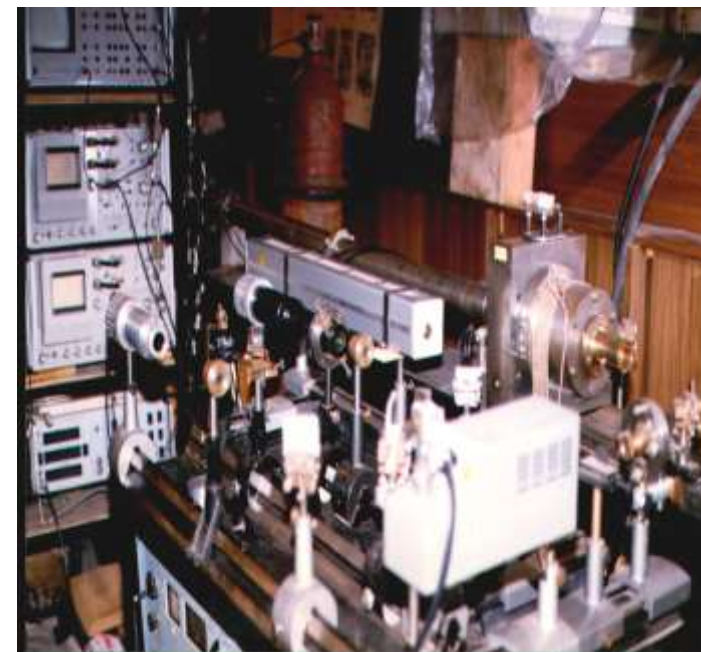


Лаборатории

11. Лаборатория физики разрушения (зав. лаб. Мещеряков Ю.И.)

Направления исследований:

- ✿ Оборудование для шоковой нагрузки – газовые пушки
- ✿ Лазерная интерферометрия процессов ударных волн
- ✿ In-situ мониторинг профилей средней скорости частиц и распределение скоростей частиц
- ✿ Ударные волны в твердых телах;
- ✿ Динамическая деформация и разрушение
- ✿ Откол
- ✿ Фазовые переходы под ударом в твердых телах

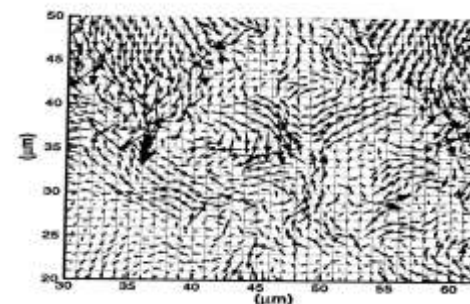


Лаборатории

11. Лаборатория физики разрушения (зав. лаб. Мещеряков Ю.И.)

Направления исследований:

- ✿ Микроструктурные исследования образцов после удара
- ✿ X-лучевой анализ
- ✿ Турбулизация под ударом
- ✿ Образование сдвиговых полос
- ✿ Мезо-макро энергия, обмен моментами
- ✿ Критерии для структурной неустойчивости



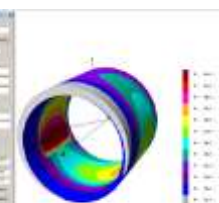
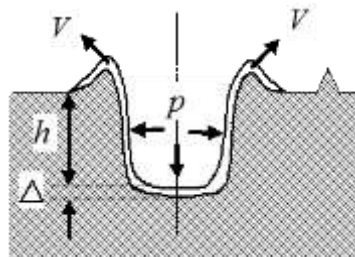
$$\left(\frac{D}{u} \frac{D}{u} \right) \geq 1 \quad \Delta u = -\frac{1}{2} \frac{\partial D}{\partial u}$$

Лаборатории

12. Лаборатория «Модифицирование поверхностей материалов» (зав. лаб. Кузнецов В.Г.)

Направления исследований:

- ❖ Разработка новых ионно-плазменных технологий управления структурой и физико-механическими свойствами материалов.
- ❖ Механика и физика взаимодействия катодного пятна вакуумной дуги с поверхностью твердого тела
- ❖ Развитие методов плазмохимического синтеза материалов для создания сверхтвердых покрытий, углеродных нано- и микроструктур и порошковых углеродных композитов.

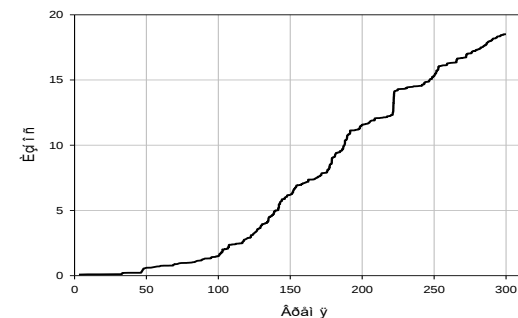


Лаборатории

13. Лаборатория методов анализа надежности (зав. лаб. Харламов Б.П.)

Направления исследований:

- ⚙ Математическая теория непрерывных полу-Марковов процессов и их применение к надежности инженерных систем
 - ⚙ Модели износа
 - ⚙ Хроматография
 - ⚙ Страховка
 - ⚙ Превентивная обработка
- ⚙ Надежность и риск в сложных системах. Разработан код ROCS (Reliability Of Complex System)



Естественный износ

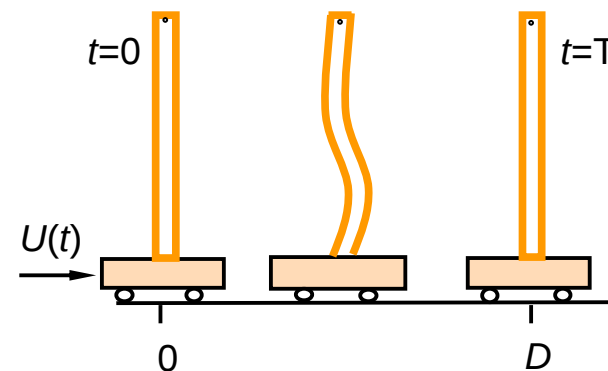
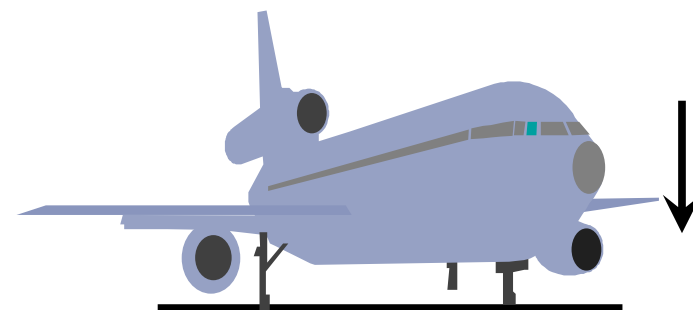


Лаборатории

13. Лаборатория методов анализа надежности (зав. лаб. Харламов Б.П.)

Направления исследований:

- Оптимальная защита человека и упругой защиты от удара и вибрации
- Дизайн контроля максимальной прочности. Например, дизайн упругих характеристик приземляющегося самолета при перевозках, что является максимальной прочностью по отношению к полезной нагрузке.
- Дизайн ограниченных скалярных контрольных упругих системы многих тел
- Позиционирование упругого манипулятора во время движения от одной точки до другой

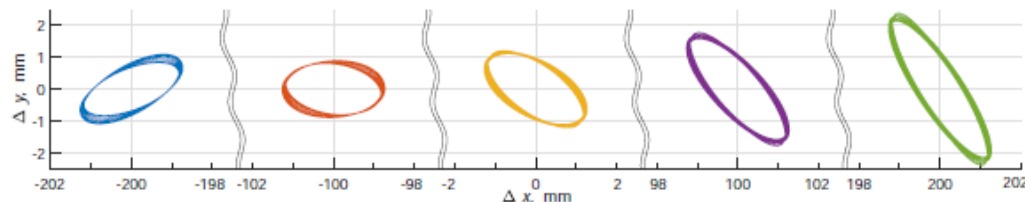


Лаборатории

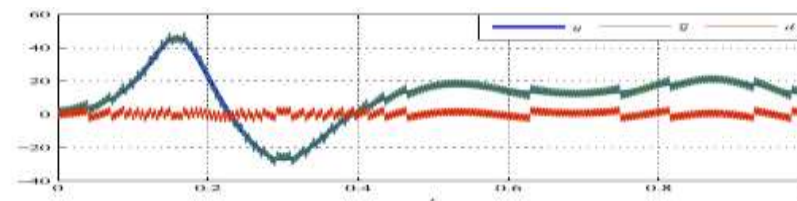
14. Лаборатория «Управление сложными системами» (зав. лаб. Фрадков А.Л.)

Управление колебательными и волновыми процессами в физико-технических системах:

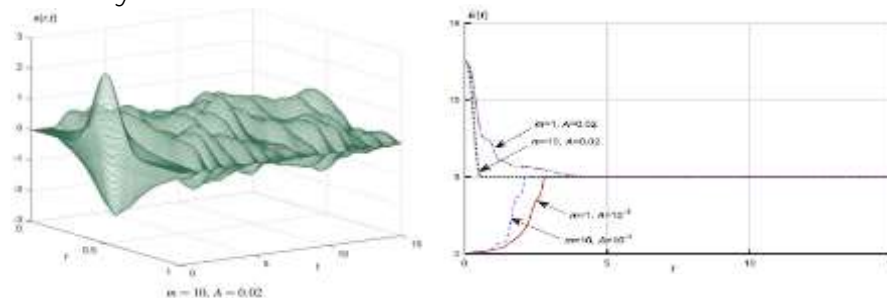
- Синхронизация колебаний нелинейных систем при коммуникационных ограничениях
- Управление колебаниями пространственно-распределенных систем
- Управление возбуждением и синхронизацией роторов вибрационных машин



Вибрация платформы станда при сдвиге фаз (эксперимент).



Передача квантованного сигнала на хаотической несущей по каналу связи



Сходимость энергии $E(t)$ системы синус-Гордона к заданной



Мехатронный вибрационный стенд СВ-2М ИПМаш РАН

14. Лаборатория «Управление сложными системами» (зав. лаб. Фрадков А.Л.)

Fradkov, A.L., Andrievsky, B., Ananyevskiy, M.S. Passification based synchronization of nonlinear systems under communication constraints and bounded disturbances // **Automatica**, 2015, 55, pp. 287-293

Andrievsky, B., Fradkov, A.L., Liberzon, D. Robustness of Pecora–Carroll synchronization under communication constraints // **Systems & Control Letters**, 2018, 111, pp. 27-33.

Y. Orlov, A. Fradkov, B. Andrievsky. Energy control of distributed parameter systems via speed-gradient method: Case study of string and sine-Gordon benchmark models // **Int. J. Control**, vol. 90, no. 11, pp. 2554–2566, 2017.

Orlov, Y., Fradkov, A.L., Andrievsky, B. Output Feedback Energy Control of the Sine-Gordon PDE Model Using Collocated Spatially Sampled Sensing and Actuation // **IEEE Trans. Automatic Control**, 2020, 65(4), 8733021, pp. 1484-1498.

Porubov, A., Andrievsky, B. Control methods for localization of nonlinear waves // **Phil. Trans. Royal Society A**. 2017, 375(2088).

Fradkov, A., Gorlatov, D., Tomchina, O., Tomchin, D. Control of oscillations in vibration machines: Start up and passage through resonance // **Chaos**. 2016, 26(11), 116310.

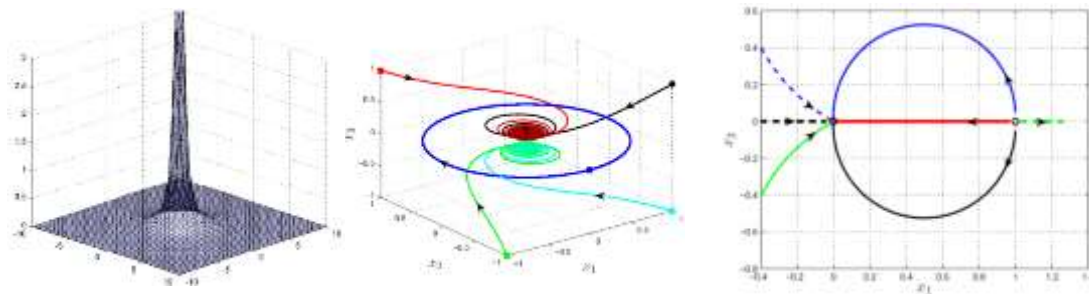
A.L. Fradkov, O.P. Tomchina, B. Andrievsky, V. I. Boikov. Control of Phase Shift in Two-Rotor Vibration Units // **IEEE Trans. Control Systems Technology**, doi: 10.1109/TCST.2020.2983353

Лаборатории

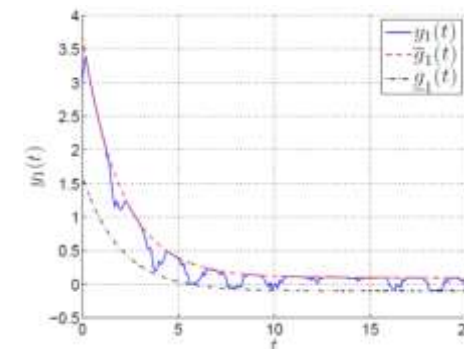
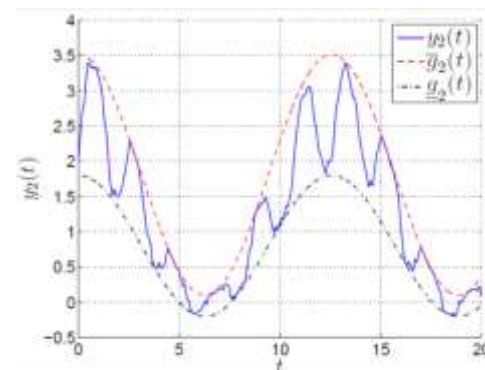
14. Лаборатория «Управление сложными системами» (зав. лаб. Фрадков А.Л.)

Устойчивость и управление техническими
системами с применением к
электроэнергетическим сетям

- ❖ Дивергентные условия устойчивости динамических систем
- ❖ Адаптивное, робастное и нелинейное управление техническими системами
- ❖ Управление системами с запаздыванием
- ❖ Синхронизация в электроэнергетических сетях



Исследование устойчивости систем с использованием дивергентных методов



Нелинейное робастное управление с обеспечением переменных объекта в заданном множестве



Стенд по управлению электроэнергетическими сетями

Лаборатории

14. Лаборатория «Управление сложными системами» (зав. лаб. Фрадков А.Л.)

Furtat I.B., Fradkov A.L. Robust control of multi-machine power systems with compensation of disturbances // **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**. 2015. Vol. 73. P. 584–590.

Furtat I.B., Fradkov A.L., Liberzon D. Compensation of disturbances for MIMO systems with quantized output // **Automatica**. 2015. Vol. 60. P. 239–244.

Furtat I., Fridman E., Fradkov A. Disturbance Compensation With Finite Spectrum Assignment for Plants With Input Delay // **IEEE Transactions on Automatic Control**. 2018. Vol. 63, no. 1. P. 298–305.

Furtat I., Orlov Y., Fradkov A. Finite-time sliding mode stabilization using dirty differentiation and disturbance compensation // **International Journal of Robust Nonlinear Control**. 2018; 1–17. <https://doi.org/10.1002/rnc.4273>

Furtat I. B. Control of nonlinear systems with compensation of disturbances under measurement noises // **International Journal of Control**, DOI: 10.1080/00207179.2018.1503723

Furtat I., Gushchin P. Tracking control algorithms for plants with input time-delays based on state and disturbance predictors and sub-predictors // **Journal of the Franklin Institute**, 2019, 356, pp. 4496–4512.

Furtat I.B. Divergent Stability Conditions of Dynamic Systems // **Automation and Remote Control**, 2020, 81:2, pp. 247–257.

Лаборатории

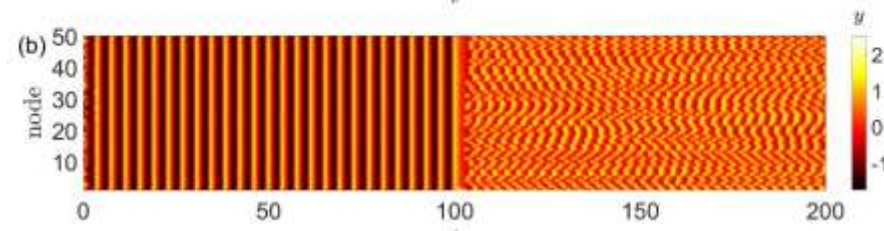
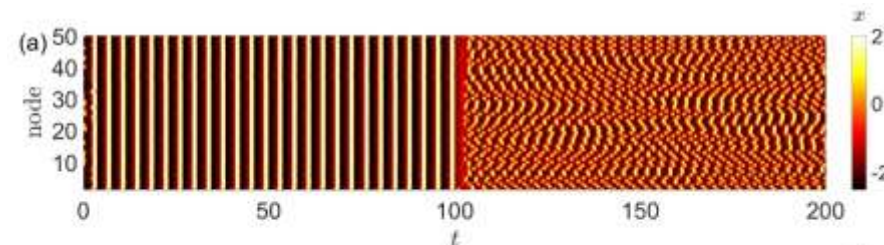
14. Лаборатория «Управление сложными системами» (зав. лаб. Фрадков А.Л.)

Управление и динамика в нейронных сетях

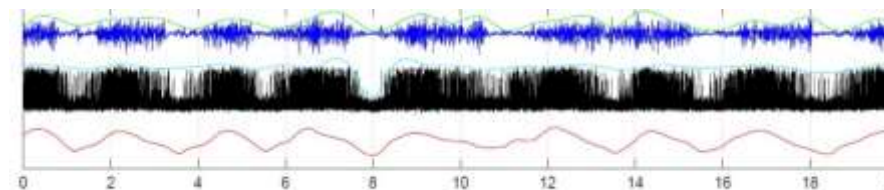
- Исследование бифуркаций и сложной динамики в нейронных сетях (синхронизация, кластерная синхронизация, состояние химеры, десинхронизация)
- Синтез алгоритмов управления динамикой нейронных сетей
- Исследование ритмов головного мозга и разработка моделей динамики этих ритмов

Plotnikov S.A., Lehnert J., Fradkov A.L., Schoell E. Synchronization in heterogeneous FitzHugh-Nagumo networks with hierarchical architecture // Phys. Rev. E. — 2016. — Vol. 94, Issue 1. — 012203.

Plotnikov S.A., Fradkov A.L. On synchronization in heterogeneous FitzHugh-Nagumo networks // Chaos, Solitons & Fractals. — 2019. — Vol. 121. — P. 85-91.



Управление десинхронизацией в сети из систем ФитцХью-Нагумо. Без управления до $t=100$ – синхронизация; с управлением после $t=100$ – десинхронизация.



Связь медленного ритма головного мозга (красный цвет) и быстрого гамма ритма (синий цвет), а также моделирование динамики гамма ритма (черный цвет).

Лаборатории

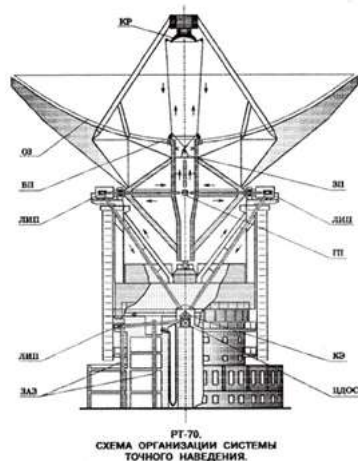
15. Лаборатория интеллектуальных электромеханических систем (зав. лаб. Городецкий А.Е.)

Направления исследований:

- ✿ Теоретические исследования динамических процессов в интеллектуальных электромеханических системах (SEMS)
- ✿ Математическое и компьютерное моделирование SEMS
- ✿ Аппаратно-программное обеспечение центральной нервной системы SEMS
- ✿ Оптимальное управление SEMS в условиях не полной определенности
- ✿ Алгебраические методы обработки сенсорных и семантических данных и логического вывода
- ✿ Физические и статистические аспекты редко прогрессирующих процессов
- ✿ Адаптивные оптоволоконные каналы и системы роботов
- ✿ Само адаптирующиеся оптоэлектронные элементы

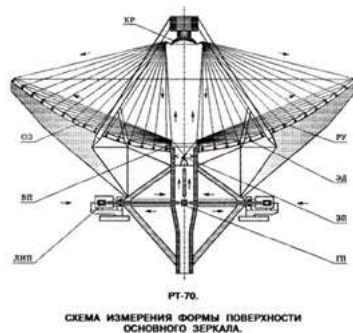
Лаборатории

15. Лаборатория интеллектуальных электромеханических систем (зав. лаб. Городецкий А.Е.)



Главное зеркало радиотелескопа РТ-70 параболоид вращения диаметром 70 метров с фокусным расстоянием $F = 21$ метр и углом раскрытия 160° . Рабочий диапазон длин волн от дециметрового до миллиметрового, вплоть до одного миллиметра. Компенсация эксплуатационных деформаций зеркальной системы радиотелескопа вызванных весовыми, ветровыми нагрузками и колебаниями температуры осуществляется за счет «гомологической» конструкции в длинноволновых диапазонах и активной подстройкой формы главного зеркала в диапазоне миллиметровых длин волн («адаптивное зеркало»). Точность профиля главного зеркала после коррекции не хуже 60 мкм.

Схема облучения зеркала радиотелескопа – двухзеркальная схема Грегори с дополнительным перископическим зеркалом. Проектная точность установки и наведения антенны на наблюдаемый объект одна угловая секунда. Достигается такая точность благодаря применению специального гироскопического гида-построителя и высокоточных цифровых датчиков угла. Общий вес металлоконструкций радиотелескопа РТ-70 более 5000 тонн.



Условные обозначения:

- КР - контррефлектор
- ОЗ - основное зеркало
- БП - базовая платформа
- РУ - роперные устройства
- ЭД - электроприводы отражающих панелей
- ЗП - зеркало перископическое
- ЛИП - лазерные измерители положения
- ГП - гониометры
- КЭ - контрольный элемент
- ЦАЭ - цифровой датчик обратной связи
- ЗАЭ - задачик азимута



РТ-70.

ОБЩИЙ ВИД РАДИОТЕЛЕСКОПА.

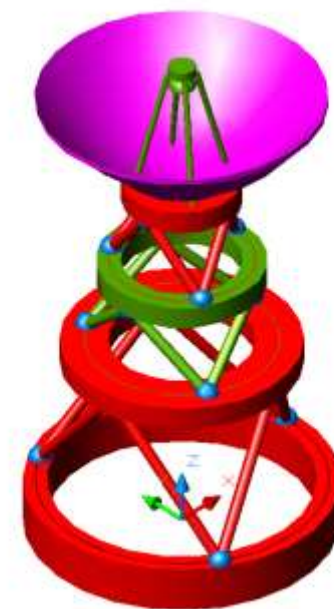
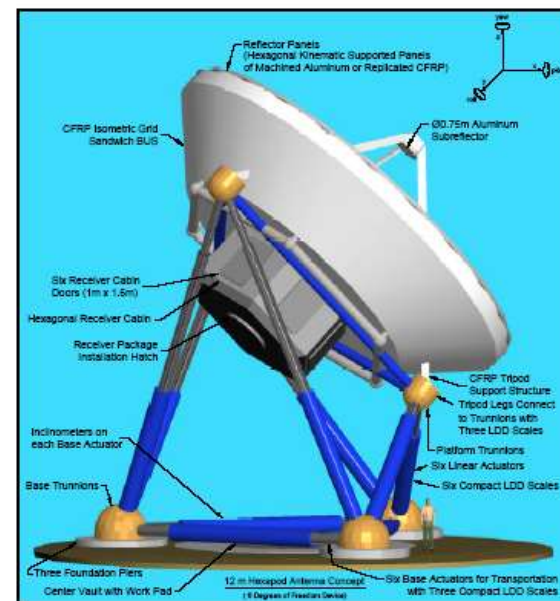
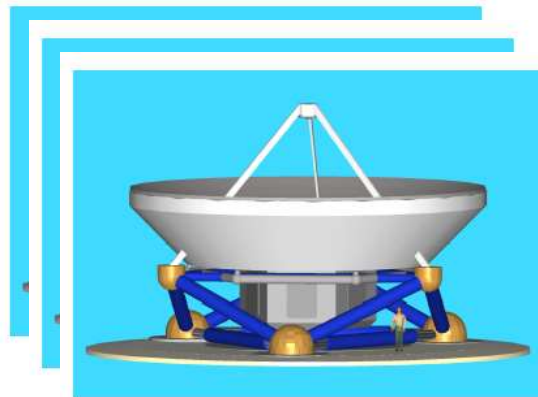
Лаборатории

15. Лаборатория интеллектуальных электромеханических систем (зав. лаб. Городецкий А.Е.)

«Исследование и разработка технологии создания интеллектуальных электромеханических систем»

Разработка технологии создания базовых элементов SEMS – номенклатуры мультиподов различного назначения для конструирования SEMS, которые могут использоваться в следующих областях техники:

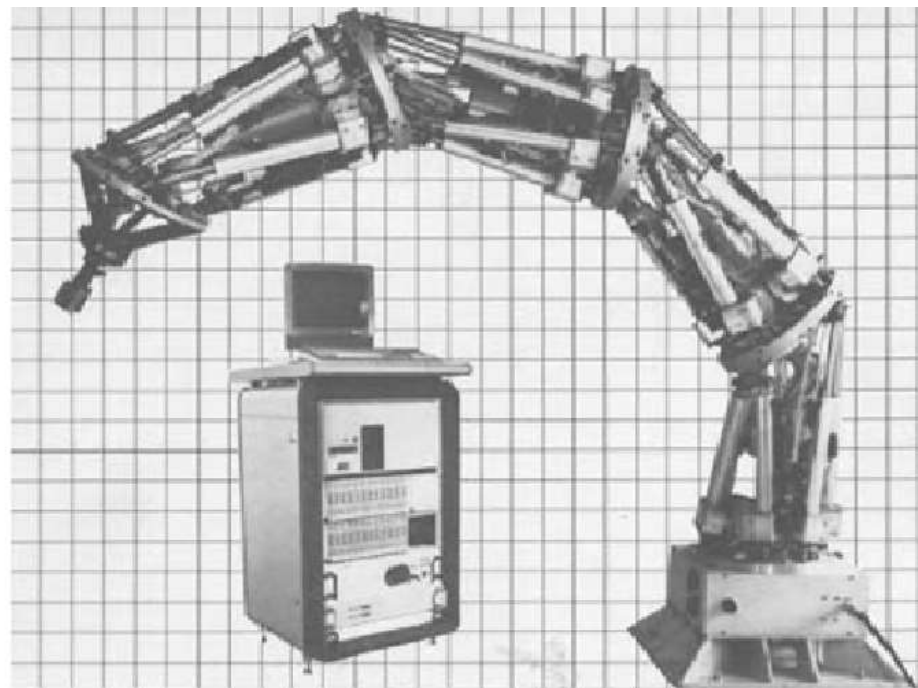
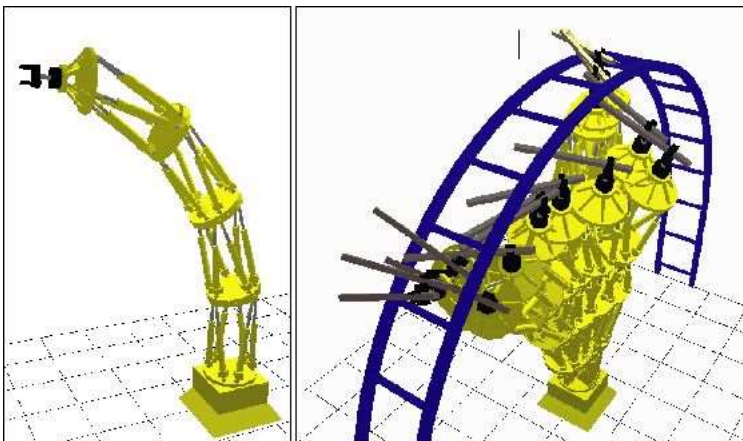
- опорно-поворотные устройства антенных установок;
- платформы орудийных и пусковых установок;
- роботы и манипуляторы



Лаборатории

15. Лаборатория интеллектуальных электромеханических систем (зав. лаб. Городецкий А.Е.)

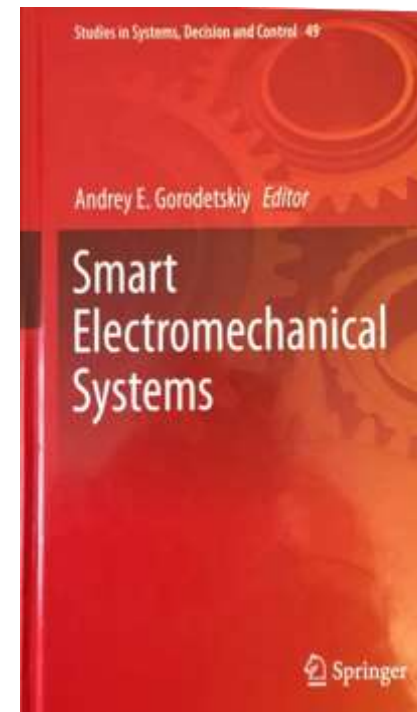
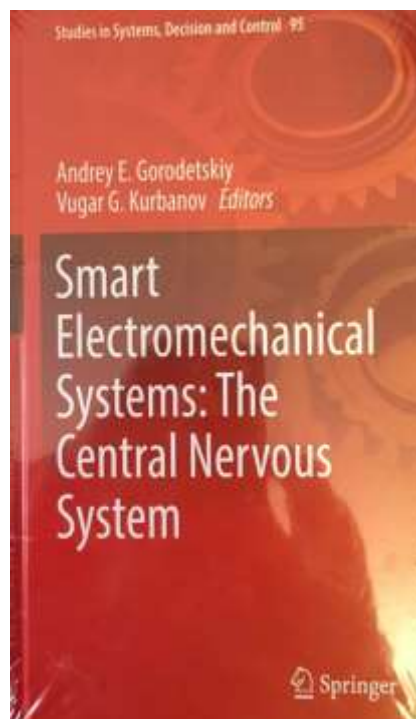
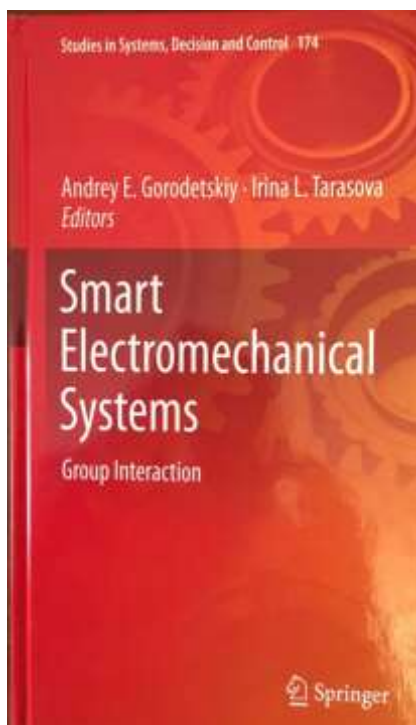
Платформы оружейных и пусковых установок
Обеспечивают быстрое и точное наведение во всем диапазоне углов без поворотов самих подвижных средств
Обеспечивают быстрое и точное наведение во всем диапазоне углов без поворотов самих подвижных средств



Лаборатории

15. Лаборатория интеллектуальных электромеханических систем
(зав. лаб. Городецкий А.Е.)

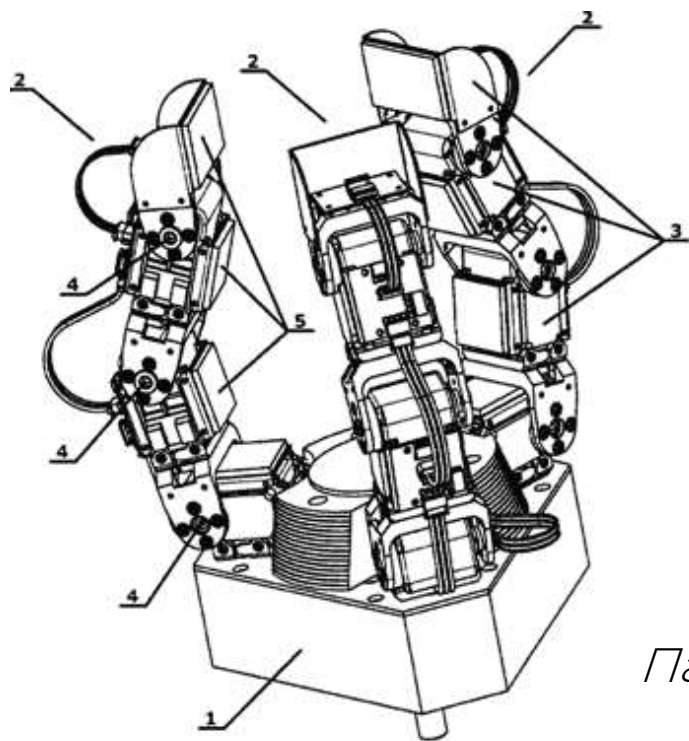
Книги:



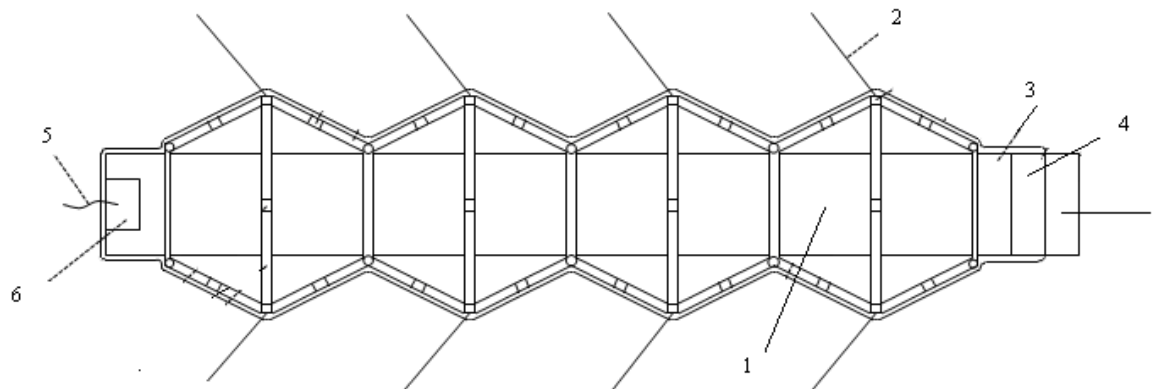
Лаборатории

15. Лаборатория интеллектуальных электромеханических систем
(зав. лаб. Городецкий А.Е.)

Патенты:



Патент РФ № 2675007



Патент РФ № 2469752

Лаборатории

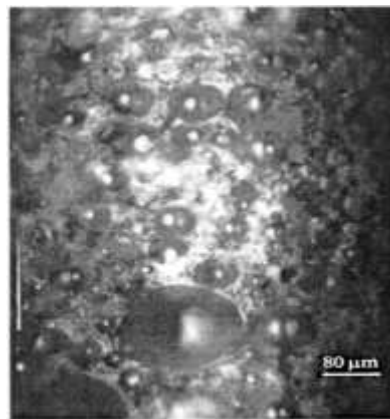
16. Отдел экстремальных состояний материалов и конструкций (зав. отд. Петров Ю.В.)

Направления исследований:

- Новые методы тестирования материалов
- Высокоскоростная симуляция процессов для описания свойств материалов и структур при экстремальных условиях.



“Квантум” (энергия дискретная) - эффекты высокоскоростного разрушения.



Поверхность разрушения сферопластика



Тестирование большого блока скалы

Лаборатории

16. Отдел экстремальных состояний материалов и конструкций (зав. отд. Петров Ю.В.)

Доступное оборудование и техники:

- ❖ Метод ультра сильных магнитных полей для контроля ударной нагрузки в микросекундных интервалах и значениями до 10 ГПа и исследование поведения материала в экстремальных условиях
- ❖ Лазерная и электрическая вспышка проводников используется для генерации ударной нагрузки

Эти техники позволяют проводить исследования в нано- микросекундных интервалах и значениях 10-30 ГПа.



*Устройство для
низко скоростных
ударов и
квазистатических
нагрузок*



*Лазер для
наносекунд
ных ударов*

НОЦ «Искусственный интеллект в киберфизических системах»

НОЦ, молодежная лаборатория

Научно-образовательный центр ИПМаш РАН

"Искусственный интеллект в киберфизических системах" (НОЦ ИИ-КФС). Директор центра: д.т.н., профессор Фрадков А.Л., зав. молодежной лабораторией д.т.н., профессор Фуртат А.Б.

Искусственный интеллект в
мехатронных и
киберфизических системах

(д.ф.-м.н. А.К. Беляев)

Интеллектуальное управление в
сетевых киберфизических системах
при коммуникационных и
транспортных ограничениях

(д.т.н. А.Л. Фрадков)

Искусственный интеллект и
нейротехнологии в
робототехнике и медицине

(к.ф.-м.н. С.А. Плотников)

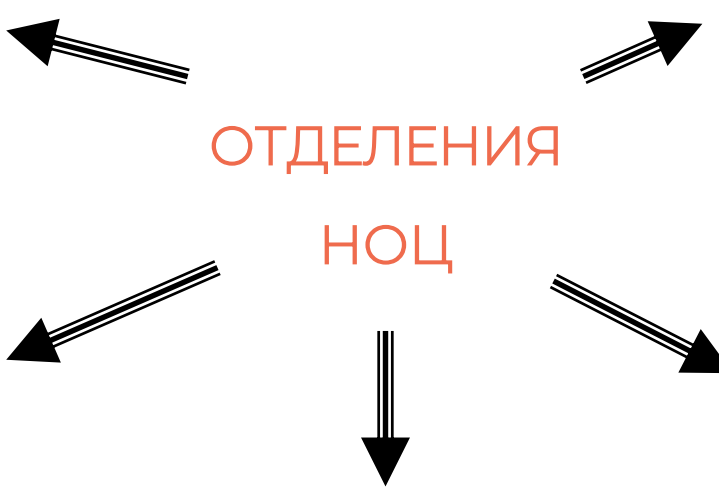
Управление с искусственный
интеллектом в промышленности

(д.т.н. И.Б. Фуртат)

Управление многоагентными мобильными
системами и геосканирование

(д.ф.-м.н. О.Н. Граничин)

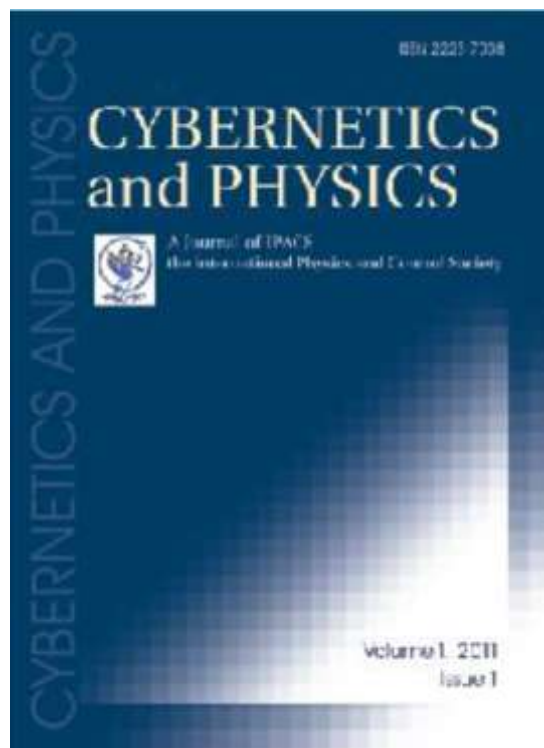
ОТДЕЛЕНИЯ
НОЦ



НОЦ

Научно-образовательный центр ИПМаш РАН
"Искусственный интеллект в киберфизических системах" (НОЦ ИИ-КФС)

Базовый научный журнал НОЦ ИИ-КФС (Издается ИПМаш РАН)



CYBERNETICS AND PHYSICS

Open Access Journal

<http://cap.physcon.ru>

С 2016г в Scopus, Q2

Computer science:

Artificial Intelligence

Computer vision and Pattern Recognition

Signal Processing

Научно-образовательный центр ИПМаш РАН
"Искусственный интеллект в киберфизических системах" (НОЦ ИИ-КФС)

Гибридный интеллект на основе глубокого обучения и нейрообратной СВЯЗИ



Овод И.В. Осадчий А.Е. Пупышев А.А.,
Фрадков А.Л.

«Формирование нейро-обратной связи
на основе адаптивной модели
активности головного мозга.»
Нейрокомпьютеры, 2012, № 2.

НОЦ

Научно-образовательный центр ИПМаш РАН
"Искусственный интеллект в киберфизических системах» (НОЦ ИИ-КФС)

Гибридный интеллект на основе глубокого обучения и нейрообратной СВЯЗИ

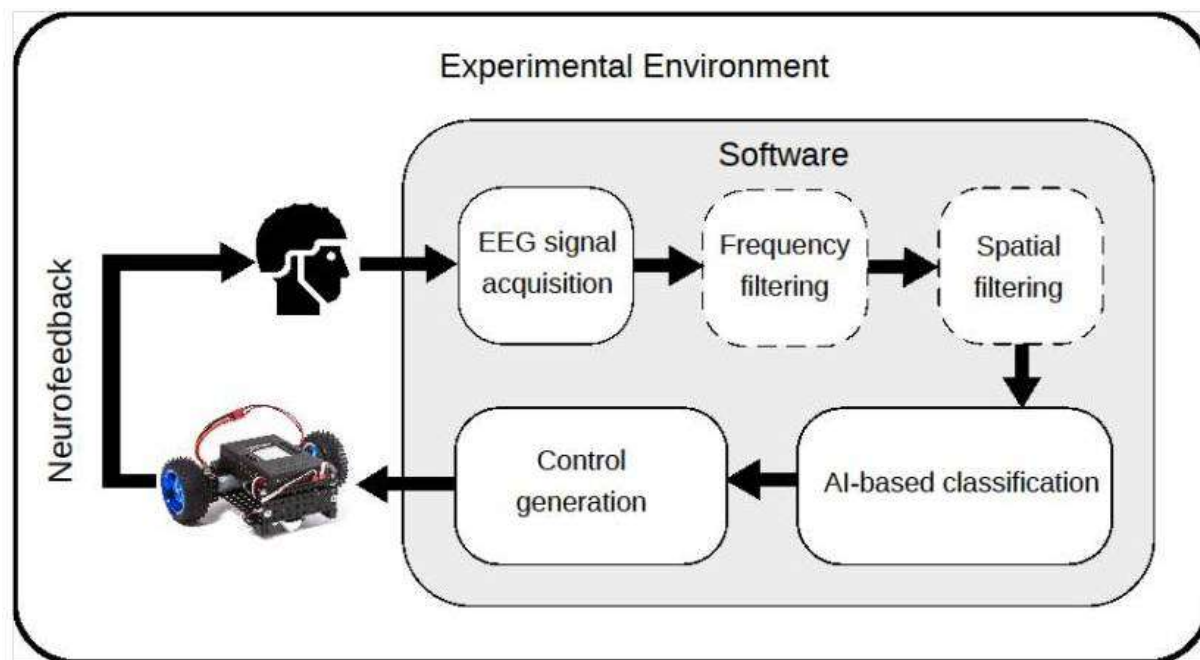
- ✿ В ИПМаш РАН создана лаборатория по исследованию процессов нейрообратной связи, оборудованная стационарным 128-канальным ЭЭГрафом экспертного класса NVX 136 и 24-х канальным мобильным ЭЭГрафом SmartBCI. Оба прибора российской разработки.
- ✿ Разработана платформо-независимая программная среда для проведения экспериментов любой сложности в парадигме ЭЭГ нейрообратной связи. Пройдены клинические испытания ПО.

Степаненко Д.А., Семенов Д.М., Плотников С.А., Фрадков А.Л. Программный комплекс для реализации нейрообратной связи: модуль обработки сигнала ЭЭГ. Свидетельство о государственной регистрации ПрЭВМ, рег. No2019610034 от 09.01.2019. - М.: Роспатент, 2019.

НОЦ

Научно-образовательный центр ИПМаш РАН
"Искусственный интеллект в киберфизических системах» (НОЦ ИИ-КФС)

Гибридный интеллект на основе глубокого обучения и нейробиологической СВЯЗИ



*Plotnikov S.A., Lipkovich M., Semenov D.M.,
Fradkov A.L. Artificial intelligence-based
neurofeedback // Cybernetics and Physics.
— 2019. — Vol. 8, Issue 4. — P. 287–291.*

НОЦ

Научно-образовательный центр ИПМаш РАН
"Искусственный интеллект в киберфизических системах» (НОЦ ИИ-КФС)

Управление с искусственным интеллектом в энергетике.
Экспериментальный комплекс по управлению электроэнергетическими сетями

- ✿ Испытание интеллектуальных алгоритмов управления сетью электрических генераторов через современные цифровые каналы
- ✿ Он-лайн наблюдение за параметрами в электрической сети
- ✿ Имитация реальных условий функционирования сети: запаздывание, аварийные ситуации, шумы в измерениях и т.п.



НОЦ

Научно-образовательный центр ИПМаш РАН
"Искусственный интеллект в киберфизических системах» (НОЦ ИИ-КФС)

Управление с искусственным интеллектом в энергетике.
Экспериментальный комплекс по управлению электроэнергетическими сетями

Перечень основного оборудования в составе комплекса:

- ✦ 3-и генератора (плюс 3 дополнительно резервных генератора) 371.3701. Максимальная мощность 770 Вт, номинальное напряжение 14 В, максимальная сила тока 55 А, частота вращения ротора, соответствующая номинальному напряжению под нагрузкой – 2000 об/мин, 14 В, 35 А.
- ✦ Электрический двигатель 5АИЕ 71 В2 (асинхронный). Мощность 750 Вт, номинальная скорость вращения 3000 об/мин.
- ✦ Датчик оборотов FC-03 на базе микросхемы LM393.
- ✦ Датчик тока обмотки возбуждения ACS712 на 20 А.
- ✦ Датчик тока на нагрузке линейный AC/DC 57A, CSLA1CD.
- ✦ Нагрузочные устройства. Реостат балластный «РБ-302», который позволяет рассеять до 315 А при напряжении 75 В.
- ✦ Компьютер на архитектуре x86.
- ✦ Отладочная плата на базе микроконтроллеров Atmega и STM.
- ✦ Осциллограф АКИП-4122/1..

НОЦ

Научно-образовательный центр ИПМаш РАН
"Искусственный интеллект в киберфизических системах" (НОЦ ИИ-КФС)

Управление с искусственным интеллектом в энергетике.
Экспериментальный комплекс по управлению электроэнергетическими сетями

Задел в рамках грантов и НИР:

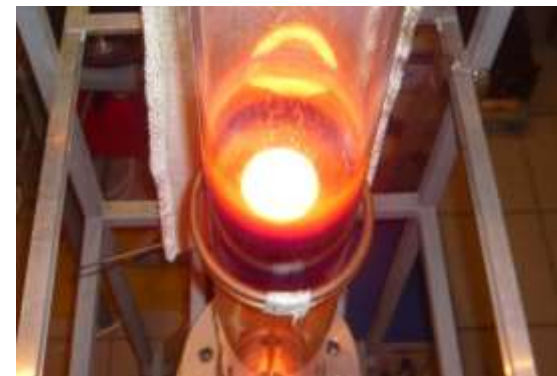
- ✿ 2 ФЦП
- ✿ 2 программы ОЭММПУ РАН
- ✿ Участие в НИОКР между РАН, ФСК «ЕЭС» и ОАО «НТЦ электроэнергетики»
- ✿ 2 гранта РФФИ (один по Президентской программе исследовательских проектов, реализуемых ведущими учеными, в том числе молодыми учеными)
- ✿ 3 гранта РФФИ (один по Президентской программе для поддержки ведущих молодых коллективов «Стабильность»)
- ✿ 2 гранта Президента РФ для поддержки молодых докторов наук
- ✿ Более 30 публикаций (в Q1 -1 статья, в Q2 – 11 статей)

Уникальная научная установка «Физика, химия, и механика кристаллов и тонких плёнок»

Уникальная научная установка
«Физика, химия и механика кристаллов и тонких плёнок»
(рук. Кукушкин С.А.)

ИПМаш РАН обладает комплексом уникального научного оборудования (УНУ). В состав УНУ входит:

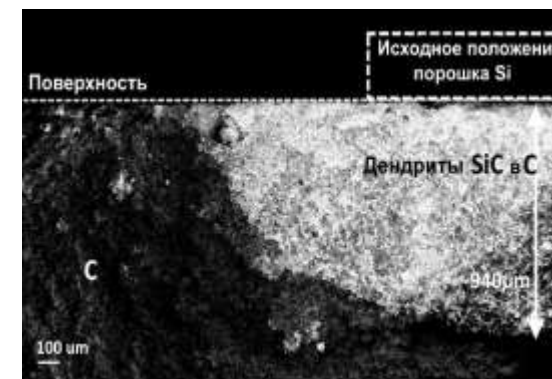
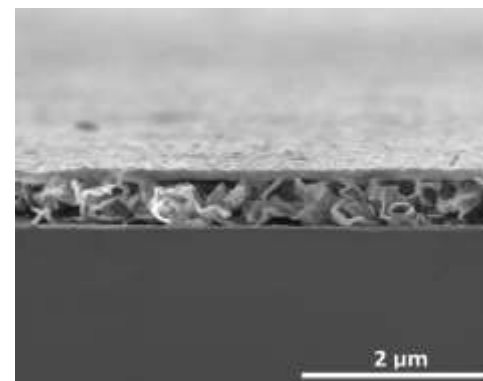
- ⚙ ультрафиолетовый эллипсометр J.A. Woollam VUV-VASE, единственный в Европе
- ⚙ экспериментальные установки-реакторы для формирования покрытий методом замещения атомов
- ⚙ установки для аналитических исследований кристаллов



Уникальная научная установка «Физика, химия и механика кристаллов и тонких плёнок» (рук. Кукушкин С.А.)

Приборы УНУ взаимодополняют друг друга, и в своей совокупности представляют единый комплекс для полной характеристики кристаллов, дающий возможность изучать за короткий промежуток времени: морфологию поверхности, толщины, механические свойства, электрические и электрооптические свойства, химический состав, структуру и кристаллическое совершенство.

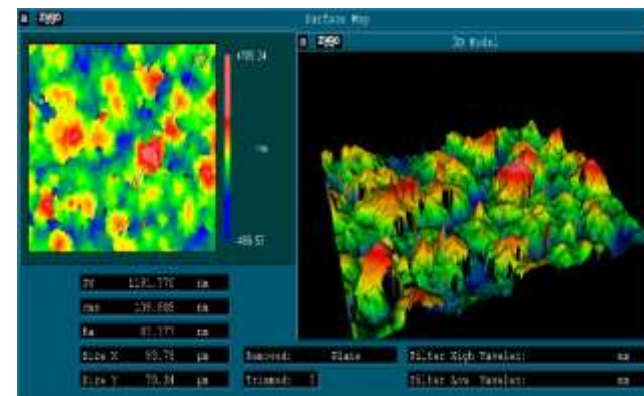
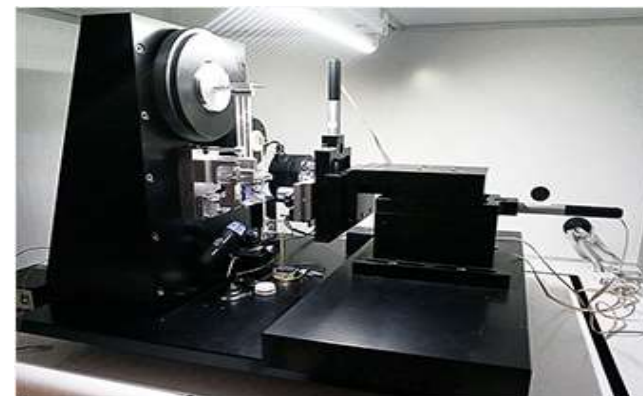
*Формирование покрытий из SiC различных
политипов на поверхностях и изделиях
толщиной от десятков нм до миллиметров.*



Уникальная научная установка «Физика, химия и механика кристаллов и тонких плёнок» (рук. Кукушкин С.А.)

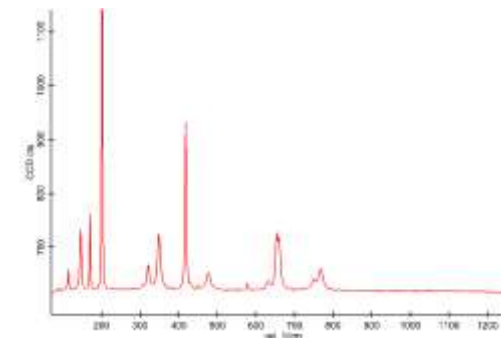
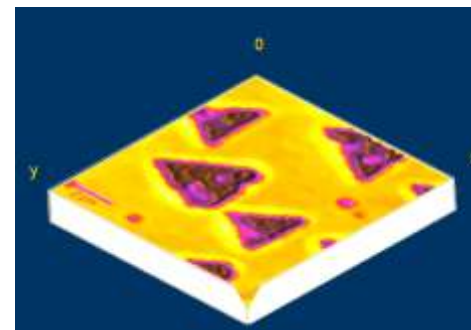
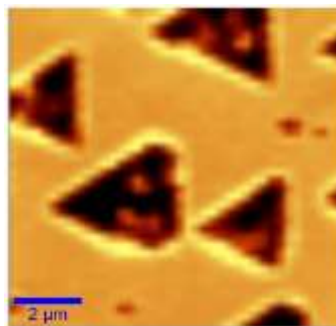
Исследование толщин, механических свойств и структурного совершенства сформированных покрытий.

- Эллипсометрия
- Оптическая профилометрия
- АСМ, СТМ
- Индентирование



Уникальная научная установка
«Физика, химия и механика кристаллов и тонких плёнок»
(рук. Кукушкин С.А.)

В состав УНУ входит также рамановский конфокальный микроскоп Witec Alpha 300R, позволяющий картировать свойства (состав, упругие напряжения, кристаллическую структуру) образцов с разрешением до 300нм.



Уникальная научная установка
«Физика, химия и механика кристаллов и тонких плёнок»
(рук. Кукушкин С.А.)

С использованием оборудования УНУ уже успешно завершен ряд проектов РНФ и РФФИ, и опубликовано более 160 научных работ

- РФФИ 16-29-03149 «Широкозонные полупроводниковые материалы для силовой электроники, формируемые на кремнии с буферным слоем нано-SiC.»
- РФФИ 15-03-06155 «Механизмы синтеза пленки монокристаллического карбида кремния на кремнии методом замещения атомов»
- РФФИ 13-02-12040 «Физика и технология создания подложек монокристаллического карбида кремния на кремнии для роста приборно-ориентированных гетероструктур III-нитридов»
- РНФ 14-12-01102 «Эпитаксия пленок карбида кремния на кремнии методом замещения атомов для роста широкозонных полупроводников»
- РНФ 14-22-00018 «Моделирование управляемого синтеза и физических свойств полупроводниковых наноструктур на основе обобщенной теории нуклеации»

Благодарим за внимание!