|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Основные научные результаты, полученные при выполнении научно-исследовательских работ, финансируемых в 2022 году**   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | № п/п | Шифр СГТУ, наименование НИР | Научный руководитель НИР | Основные полученные результаты | Сведения о публикациях, защитах диссертаций, полученных патентах, поданных заявках на ОИС | Результаты внедрения | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | | **Гранты Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук и докторов наук** | | | | | |   ***Конкурс - МД 2021*** | | | | | |
|  | СГТУ-349 "Новые способы индукционно-термического упрочнения газотермических функциональных покрытий и конструкций с бионическим дизайном для перспективных изделий медицинской техники" | **Фомин А.А.**  д.т.н., зав. каф. МБИ | Получены следующие результаты:  В процессе плазменного напыления (ПН) на титане формировались покрытия, характеризуемые наличием оксидного слоя, состоящего преимущественно из TiO и TiO2 (анатаз). Поверхность напыленного материала отличалась наличием пор размером 12,9±0,2 мкм при неоднородности 56–58% и отсутствием наноразмерных элементов морфологии. Подобная морфология и состав ПН покрытий вполне соответствовали известным данным [39–41], в том числе требованиям к материалам имплантируемых внутрикостных конструкций [12–14]. Процесс послойного напыления обеспечивал неравномерное распределение кислорода по сечению покрытий, что приводило к формированию остаточных напряжений и снижению адгезионной прочности. ПН слои характеризовались неравномерной микротвердостью, достигающей значений порядка 1530±55 HV0,98, что больше твердости костной ткани (150–1000 HV) [59]. Последующая индукционно-термическая обработка (ИТО) привела к изменению состава, структуры и свойств ПН покрытий.  1. После ИТО наблюдалось насыщение пористого покрытия кислородом с формированием титан-оксидного покрытия, состоящего преимущественно из биосовместимых оксидов TiO в случае низкотемпературной обработки или TiO2 (рутил) при нагреве свыше 750 °С.  2. Размер поверхностных пор ПН после ИТО составил 7,5–10,9 мкм при суммарной неоднородности 57–63%. На поверхности модифицированных при 900–950 °С слоев формировалась оксидная структура, которая имела игольчатые кристаллы длиной 100–200 нм и шириной около 50–100 нм. Следовательно, в результате ИТО полученные титан-оксидные покрытия лучше соответствовали требованиям по морфологии для имплантируемых изделий по сравнению с ПН покрытиями [12-14].  3. ИТО при температуре 650–950 °С позволила выровнять концентрацию кислорода по сечению покрытий, что обеспечило увеличение адгезионной прочности за счет снижения внутренних напряжений. При этом микротвердость покрытия в зависимости от условий (ИТО) оставалась на высоком уровне или увеличивалась до 1800 HV0,98.  4. На основании проведенных исследований установлено, что в результате ИТО в широком диапазоне температуры выдержки 650–950 °С происходило формирование металл-оксидных покрытий, которые по параметрам морфологии поверхности, химическому составу, микротвердости и адгезионной прочности обеспечивают наибольшее соответствие внутрикостным имплантируемым конструкциям.  5. Согласно полученным данным технология SLM позволила создать титановые пористые изделия со сквозными каналами заданного размера. Последующая индукционная термообработка позволила сформировать на поверхности титановых SLM-блоков с бионическим дизайном упрочненные оксидные слои; обеспечить эквипотенциальное распределение микротвердость по сечению блока без значительного снижения прочности; получить модуль упругости 3D блока в диапазоне 28,7-43,2 ГПа, что сопоставимо с кортикальной костной тканью. | Опубликовано 8 статей, сделано 6 докладов на конференциях. | Получено 2 патента на изобретение, 1 патент РФ на полезную модель, 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. |
| ***Конкурс - МК 2022*** | | | | | |
|  | СГТУ-362 «Создание теоретических основ определения рациональных значений параметров операций бесцентрового шлифования с разработкой элементов САПР» | **Решетникова О.П.**  доц. каф. ТСУ, к.т.н. | За отчетный период получены следующие научные результаты:  выполнен критический обзор состояния исследований в области применения бесцентрового шлифования в серийном производстве;  проведен аналитический обзор САПР операций шлифования;  аналитически определена рациональная величина скоса опорного ножа при круглом бесцентровом шлифовании;  разработан алгоритм САПР с учетом аналитического определения параметров рабочей зоны для бесцентрового шлифования цилиндрических деталей;  разработан алгоритм САПР с учетом аналитического определения параметров рабочей зоны для бесцентрового шлифования сферических деталей;  аналитически определены закономерности образования погрешностей формы в поперечном сечении деталей при бесцентровом шлифовании;  проведены экспериментальные исследования влияния параметров рабочей зоны бесцентрово-шлифовального станка на погрешность формы в продольном сечении заготовки;  проведены экспериментальные исследования влияния параметров рабочей зоны бесцентрово-шлифовального станка на цилиндричность получаемых деталей;  за отчетный период подготовлено пять лекционных курсов для студентов, проводятся практические и лабораторные занятия с использованием материалов исследований. | По теме исследования опубликованы: 10 научных статей, из которых 1 статья принята к публикации в издании, входящем в базу данных Scopus, 2 статьи – в журналах из перечня ВАК; принято участие в работе 7 международных и 1 всероссийской научных конференций с 8 докладами. | Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. |
|  | СГТУ-363 «Исследование селективности и обратимости извлечения лития из водных растворов слоистыми ионообменниками на основе титанатов калия» | **Викулова М.А.**  доц. каф. ХИМ, к.х.н. | За отчетный период получены следующие научные результаты:  - синтезирована серия слоистых титанатов калия с различной степенью протонирования;  - установлена зависимость индивидуальных характеристик титанатов калия от степени протонирования;  - выявлена лимитирующая стадия и определены кинетические параметры процесса ионообменного извлечения лития протонированными титанатами калия. |  |  |
| **Российский фонд фундаментальных исследований** | | | | | |
| ***Конкурс «А» 2020 года – конкурс на лучшие проекты фундаментальных научных исследований*** | | | | | |
|  | СГТУ-336 «Неклассические аналитически разрешимые модели нелинейной волновой динамики цилиндрических оболочек» | **Землянухин А.И.**  зав. каф. ПМиСА | Проект посвящен построению и исследованию неклассических аналитически разрешимых моделей нелинейной волновой динамики деформируемых систем. Чрезвычайно широк спектр использования цилиндрических оболочек – от проектирования магистральных трубопроводов высокого давления и несущих конструкций авиакосмических аппаратов – до моделирования наносистем. Интегрируемые и близкие к интегрируемым модели, возникающие на основе классического подхода, не всегда адекватно описывают реальные динамические процессы. Наиболее известная проблема нелинейной динамики оболочек состоит в существенном отличии экспериментальных данных от теоретически предсказываемых результатов. Одним из этапов решения этой актуальной проблемы является разработка, на основе физически состоятельных уточнений, новых неклассических моделей, допускающих аналитическое исследование. При реализации проекта на основе общего теоретического подхода проведено моделирование волнового процесса в нелинейно-упругих подкрепленных цилиндрических оболочках, взаимодействующих с упругой (нелинейно - упругой) средой. Впервые выведены неинтегрируемые уравнения Шамеля - Кавахары, Шамеля - Островского и их пространственно - двумерные обобщения, построены классы их точных решений, проведен численный анализ устойчивости этих решений. Установлены связи новых уравнений с интегрируемыми моделями - нелинейным уравнением Шредингера и уравнениями типа КдВ. Полученные результаты могут найти применение при неразрушающем контроле и акустической диагностике поврежденности материалов.Развитие методов построения физически реализуемых точных решений новых уравнений волновой механики является вкладом в современную нелинейную математическую физику. | Опубликовано 7 статей. |  |
| ***Конкурс 2018 года на лучшие научные проекты междисциплинарных фундаментальных исследований, проводимых по теме «Углеродные наноструктурированные материалы» (819)*** | | | | | |
|  | СГТУ-310 «Исследование электрохимического синтеза наноструктурированных углеродных материалов для создания мультиграфеновых пленок и композитов» | **Яковлев А.В.**  д.т.н., проф., зав. | В результате выполнения данного проекта разработан электрохимический способ получения графеновых структур и их производных, определен механизм и кинетические параметры электрохимического процесса и концентрация электролита, а также определены физико-химические свойства полученных соединений и материалов на их основе. Созданы углерод-углеродные самопрессованные пористые композиты, исследованы их адсорбционные и ионообменные характеристики, а также созданы углеродные пленки и покрытия, используемые в качестве электродов ХИТ и суперконденсаторов. Установлен механизм и кинетические закономерности совместного электрохимического осаждения металлов с углеродными наноматериалами. Сформулированы научные основы направленного формирования композиционных электрохимических покрытий, модифицированных углеродными наноматериалами, с улучшенными функциональными свойствами. Разработаны новые полимерные композитные наноматериалы, обладающие повышенными прочностными свойствами, термостойкостью, теплостойкостью, стойкостью в воздействию различных агрессивных сред и пониженной горючестью. | - | - |
| ***Конкурс на лучшие проекты фундаментальных научных исследований, выполняемых молодыми учеными, обучающимися в аспирантуре «Аспиранты»*** | | | | | |
|  | СГТУ-339 "Исследование электродинамических характеристик многоканальных многозазорных резонансных систем микроволнового генератора с неоднородным распределением высокочастотного электрического поля" | **Мирошниченко А.Ю.**  зав. каф. ЭПУ, д.т.н., доц.  (аспирант Чернышев М.А) | Исследованы трехзазорные и четырехзазорные многоканальные клистронные резонаторы. Исследован спектр частот и определены основные электродинамические параметры. Проанализировано поведение основных электродинамических параметров резонатора при изменении диэлектрической проницаемости керамических подложек. Рассчитаны электронные параметры прибора для исследованного резонатора для случая применения в качестве усилителя либо генератора. Исходя из полученных значений выходной мощности, можно отметить, что подобный типы резонаторов могут быть применены в низковольтных малогабаритных клистронах, работающих как сантиметровом, так и в миллиметровом диапазоне длин волн. Применение таких резонаторов позволит существенно уменьшить массогабаритные параметры миниатюрных многолучевых клистронов. | В ходе выполнения НИР было опубликовано 7 научных работ, а так же участие в 4 научных конференциях. |  |
|  | СГТУ-340 "Исследование проблем анализа и синтеза распределенных систем управления с использованием алгебраической формы представления математической модели" | **Торгашова О.Ю.**  проф. каф. СТУ  (аспирант Соломин М.А.) | Получены следующие результаты:  1. Представление распределенной системы в спектральной форме, в виде бесконечной системы алгебраических уравнений, записанной относительно вектора амплитуд пространственно-временной спектральной характеристики. Доказательство новой теоремы о спектральном представлении распределенного объекта управления, содержащего запаздывание по пространственной или временной переменной, что позволит решить задачу синтеза распределенной системы с учетом запаздывания.  2. Доказательство условий существования и единственности решения задачи анализа распределенной системы управления на основе спектрального представления в форме бесконечной системы линейных алгебраических уравнений, записанной относительно вектора амплитуд пространственно-временной спектральной характеристики. Данный научный результат дает возможность использования бесконечных алгебраических уравнений для описания распределенных систем.  3. Доказательство условий, которым должна удовлетворять бесконечная система алгебраических уравнений в спектральной области представления, при которых решение усеченной системы обладает свойством сходимости и при достаточно большом количестве уравнений стремится к решению бесконечной системы, что необходимо для выполнения вычислений.  4. Новые методы решения задачи синтеза регуляторов, в том числе в робастной постановке, на основе спектрального представления распределенного объекта управления в форме системы алгебраических уравнений, позволяющие повысить скорость вычислений и улучшить сходимость вычислительных процедур в случае, когда учитывается 2 или 3 пространственные координаты, и размерность усеченной системы алгебраических уравнений велика.  5. Анализ качества управления в замкнутой системе с регулятором, построенным методом синтеза на основе спектрального представления объекта в форме бесконечной системы алгебраических уравнений.  6. Исследование влияния размерности задачи и учета неопределенности объекта на качество регулирования в распределенной системе управления и разработка рекомендаций по применению методов синтеза. | В ходе выполнения НИР было опубликовано 4 научные работы, а так же участие в 2 научных конференциях. |  |
|  | СГТУ-341 "Моделирование знаний в области разработки систем противопожарной защиты" | **Шульга Т.Э.**  проф. каф. ИКСП, д.ф.-м.н.  (аспирант Никулина Ю.В.) | Научно-исследовательская работа посвящена решению проблемы управления информацией в области обеспечения пожарной безопасности.  В работе проанализированы основные направления развития противопожарного нормирования в строительстве, приведен обзор существующих онтологий в сфере пожарной безопасности и проанализирован зарубежный опыт их применения.  Разработана математическая модель предметной области «Системы противопожарной защиты» в виде онтологии, реализованной на языке OWL. Проведена подготовка онтологии к публикации в вебе в облаке связанных открытых словарей LOV (Linked Оpen Vocabularies). Разработанные на основе онтологии программные приложения позволяют инженерам- проектировщикам при создании проектов, с учетом всех требований законодательства, осуществлять оперативное обновление и изменение документации. Кроме того, онтология может быть использована разработчиками приложений в сфере обеспечения пожарной безопасности, в частности для осуществления контроля над установленными системами противопожарной защиты.  Построен алгоритм решения конкретной практической задачи – выбора типа пожарного извещателя в зависимости от назначения защищаемого помещения и вида пожарной нагрузки. Описана формализация задачи определения категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.  Автором проведен системный анализ процесса проектирования проекта систем противопожарной защиты. Результаты работы использованы при проектировании СППР для организаций, занимающихся проектированием, монтажом и техническим обслуживанием систем противопожарной защиты.  Разработана система поддержки принятия решения, позволяющая осуществлять управление информацией в области обеспечения пожарной безопасности. На данный момент полностью реализован модуль СППР для определения категории помещения по пожарной опасности, который прошел процедуру государственной регистрации в качестве программы для ЭВМ.  Использование предложенных алгоритмов и построение на их основе автоматизированной системы управления информацией в области обеспечения пожарной безопасности позволяет повысить эффективность работы инженера-проектировщика, тем самым повысив эффективность предотвращения пожара. Сокращаются сроки выполнения, корректирования и согласования проекта. Также автоматизируются рутинные операции, чтобы уменьшить количество ошибок, связанных с человеческим фактором.  Такого рода СППР может рассматриваться в будущем как элемент кибер-физической системы для создания проектов систем пожарной автоматики, осуществления непрерывного контроля и мониторинга, а также своевременного технического обслуживания. | В ходе выполнения НИР было опубликовано 5 научных работ, а так же участие в 4 научных конференциях. |  |
|  | СГТУ-342 "Молекулярное моделирование взаимодействия биомолекул и углеродных наночастиц" | **Пластун И.Л.**  проф. каф. ИБС,  д.ф.-м.н., доц.  (аспирант Захаров А.А.) | Обнаружение наиболее оптимальных наноструктур для адресной доставки лекарств, способных к доставке и удержанию лекарства в клетке, а также сама наноструктура должна оказывать минимальный вред на организм человека.  Основные результаты проекта сводятся к следующему:  1. Произведено квантовохимическое молекулярное моделирование взаимодействия солей металлов (нитрат серебра, тиосульфат натрия) и флагеллина при образовании наночастиц сульфида серебра. Моделирование производилось при помощи программного комплекса Gaussian 09. Исследовались структуры и ИК-спектры образующихся молекулярных комплексов. Степень взаимодействия оценивалась по образующимся водородным связям, анализ которых производился по следующим параметрам: величина частотного сдвига для валентных колебаний O-H связей, энергия связей, интенсивность пиков, длина водородного мостика. Рассмотрены различные варианты комплексообразования метиллизина с солями нитрата серебра и тиосульфата натрия. Установлена возможность образования нескольких водородных связей средней силы. Отмечается влияние процесса метилизации лизина, способствующей образованию более прочной органической оболочки синтезируемых наночастиц. Образующиеся комплексы достаточно устойчивы, что даёт возможность говорить о существенном вкладе метиллизина в процесс образования наночастиц сульфида серебра методом биосинтеза с помощью грамположительных бактерий Bacillus subtilis 168.  2. Методами квантовохимического моделирования на основе теории функционала плотности исследовались механизмы межмолекулярного взаимодействия высокотоксичных лекарственных препаратов с веществами полиэлектролитных капсул адресной доставки. В качестве исследуемых объектов рассматриваются противоопухолевый лекарственный препарат митоксантрон и полимерные полиэлектролитные капсулы, состоящие из полиаргинина и декстран сульфата. Моделирование проводилось на основе расчета молекулярных структур и ИК спектров и анализа параметров образующихся водородных связей. Было обнаружено, что декстран сульфат образует слабые водородные связи как с полиаргинином, так и с митоксантроном, а полиаргинин, в свою очередь, образует достаточно сильные водородные связи с митоксантроном. Это дает возможность говорить о существенной роли полиаргинина в качестве вещества, удерживающего митоксантрон в капсуле, а декстран сульфат, скорее всего, является буферным веществом, позволяющим высвобождать лекарство постепенно в ходе распространения.  3. Исследованы спектральные проявления полиморфизма модифицированной янтарной кислоты и влияния водного окружения на ее энергетические характеристики. Методом теории функционала плотности рассчитаны структуры конформеров изолированной молекулы и фрагмента цепочечного ассоциата янтарной кислоты и их комплексов с водой. Рассчитаны их ИК спектры и проведено сравнение с экспериментальными данными. Дана оценка влияния водородного связывания на физико-химические свойства янтарной кислоты в условиях перекристаллизации. Выявлено значительное влияние водного окружения на спектральные характеристики модифицированной янтарной кислоты. | В ходе выполнения НИР было опубликовано 14 научных работ, а так же участие в 13 научных конференциях. |  |
|  | СГТУ-343 "Стекло – и базальтопластики с повышенными эксплуатационными характеристиками, получаемыми путем формирования структуры полимерной матрицы под влиянием СВЧ электромагнитного поля" | **Арзамасцев С.В.**  зав. каф. ПТБ, д.т.н., доц.  (аспирант Щербаков А.С.) | В результате реализации проекта установлено влияние углеродных нанотрубок (УНТ) на показатели прочности, термической стабильности, процессы структурообразования и структуру получаемых полиэфирных композитов. Изучено влияние СВЧ электромагнитного поля на исходную и модифицированную УНТ полиэфирную матрицу. Доказано, что можно добиться синергетического эффекта повышения показателей прочности композита при совмещении УНТ и СВЧ модификации, в том числе за счёт изменения характера процессов структурообразования и как следствие структуры композита. Эффективность оптимальных режимов модификации полиэфирной матрицы подтвердилась для полученных волокно-армированных композитов.  В результате проведенных исследований доказана возможность направленного регулирования свойств полиэфирных композитов за счёт СВЧ модификации и введения УНТ как полиэфирной матрицы, так и волокно-армированного композита на её основе. | В ходе выполнения НИР было опубликовано 3 научные работы, а так же участие в 1 научной конференцияи. |  |
|  | СГТУ-344 "Разработка технологии создания металлогидридного источника тока на основе матрицы Аl-РЗЭ c целью реализации в водородной энергетике" | **Гоц И.Ю.**  доц. каф. МБИ, к.х.н., доц.  (аспирант Лукьянова В.О.) | Материалы выполненного исследования позволяют следующим образом сформулировать его основные результаты.  1 Соединения лантаноидов обладают повышенными физико-химическими и эксплуатационными свойствами. Получение таких соединений на поверхности (покрытий) изделий из мягких материалов (алюминиевых и титановых) возможно различными способами, в том числе комбинированным, основанным на методе катодного внедрения из водно-органического электролита, который позволяет вести процесс внедрения при температурах от 20 до 40оС. В связи с этим является необходимым синтез электролитов и подбор режимов внедрения для получения достаточно сплошного и однородного слоя необходимых структур, улучшения морфологии за счет измельчения зерна и развития площади межзереных границ у различных формируемых покрытий.  2 Наиболее оптимальными электролитами и режимами формирования покрытия являются:  – для алюмиенвого сплава при внедрении европия – органический электролит с солью салицилата европия 0,5 моль, T = 40 оС, время t = 1 час, Eкп = -2,9 В. Достигаемая при этом толщина диффузионного слоя составляет 35 мкм, размер зерен 0,83 мкм;  3 Проведена оценка эффективности полученных результатов расчетом диффузионно-кинетических характеристик сформированных покрытий, определением их размерных характеристик, морфологии и микротвердости. Установлено, что в оптимальных условиях, обеспечиваемых параметрами процессов внедрения:  – скорость внедрения европия в поверхность матрицы возрастает на порядок за счет смены лимитирующей стадии с диффузионной на рекомбинацию;  – формируемое покрытие имеет толщину от 8 до 40 мкм;  – размер зерен в покрытии уменьшается в 2 раза;  – микротвердость повышается, в среднем, в 1,5 раза;  – коэффициент трения снижается, в среднем, в 1,96 раза;  – процесс протекает при более низких значениях электродного потенциала и температуры (1,5-2 В и от 20 до 40оС, в то время как при электроосаждении подобных покрытий электролизом из значения названных параметров составляют, соответственно, 4-10 В и 600оС.  4 Установлено, что сорбция водорода в Al-РЗЭ электрод происходит по вакансионному механизму с образованием гидридов алюминия и его сплавов с редкоземельными элементами.  5 Впервые получены данные по влиянию температуры в интервале  от –20 °С до +50 °С на кинетику диффузии внедрившихся атомов водорода в глубь Al-РЗЭ электрода и на процесс образования зародышей интерметаллических соединений (ИМС) в системе Al-РЗЭ-Н (РЗЭ: La, Pr, Nd, Sm, Eu, Сe).  6 Впервые определены энергия активации процесса сорбции водорода и термодинамические характеристики сплавов Al-РЗЭ-Н, полученных электрохимическим способом по методу катодного внедрения в широком интервале рабочих температур (от –20 °С до +50 °С). Энергия активации процесса сорбции водорода лежит в пределах от 11,5 до 57,2 кДж/моль. Изменение энергии Гиббса (ΔG) составляет от –33,2 до –44,1 кДж/моль, энтропии (ΔS) – от 13,3 до 24,5 Дж/моль·К, энтальпии (ΔH) – от –26,4 до –38,3 кДж/моль.  7 Показано, что электрохимическая сорбция водорода приводит к уплотнению структуры сплава Al-РЗЭ-Н и к формированию модифицированного слоя, содержащего оксо-, гидроксосоединения и гидриды элементов матрицы (Al-H, РЗЭ-H). Это приводит к преобладанию на поверхности плотных слоев мелкозернистой структуры и повышению за счёт этого важного параметра – микротвердости от 0,14 до 0,31 ГПа. Методами рентгенофазового, энергодисперсионного рентгеновского спектрального анализа, вторичной ионной масс-спектрометрии установлен химический и фазовый состав сформированного электрохимически поверхностного слоя, содержащего в случае Al-Eu, помимо сплава Al-Eu-H, гидриды алюминия и европия, различного стехиометрического состава.  Проведённые исследования легли в основу выпускной квалификационной и диссертационной работы Лукьяновой В.О на тему: «Разработка металлогидридных электродов на основе сплавов алюминий – редкоземельный элемент методом катодного внедрения».  Практическое значения выполненного исследования состоит в том, что полученные данные могут быть применены для перспективного использования сплавов Al-РЗЭ-Н в качестве материалов при разработке новых накопителей водорода. Разработанное программное обеспечение (Св. для ЭВМ 2021664771 и 2021664852) можно использовать для расчета диффузионно-кинетических характеристик сплавов, полученных электрохимическими методами, и термодинамических характеристик, определенных методом ЭДС. | В ходе выполнения НИР было опубликовано 7 научных работ, а так же участие в 2 научных конференциях. |  |
|  | СГТУ-345 "Исследование закономерностей высокотемпературного процесса индукционной обработки титана в воздушной атмосфере и свойств полученных функциональных покрытий" | **Фомин А.А.**  зав. каф. МБИ, д.т.н.  (аспирант Щелкунов А.Ю.) | Наиболее существенными являются следующие результаты:  1. Завершенный обзор по методам формирования пленок и покрытий на титане и его сплавах (в том числе газонасыщенных слоев).  2. Математическая модель, описывающая кинетику индукционного нагрева титановых конструкций планарного и цилиндрического типов, располагаемых в трубчатой камере с атмосферой воздуха.  3. Общая методика экспериментальных исследований, связанных с разработкой высокотемпературного процесса индукционной обработки титана в атмосфере воздуха.  4. Результаты исследования параметров структуры, химического и фазового состава сверхтвердого слоя на поверхности титана, а также закономерности (в том числе регрессионные зависимости) формирования структуры функционально-градиентных покрытий.  5. Результаты исследования комплекса физико-механических свойств (твердости, модуля упругости, прочности) экспериментальных титановых образцов-дисков с функциональными сверхтвердыми покрытиями, а также регрессионные модели изменения твердости при различной нагрузке нано- (10–20 и 100–200 мН), микро- (20, 50, 100 и 500 гс) и макроиндентирования (15 и 60 кгс, т.е. шкалы HRN15 и HRA метода Роквелла).  6. Результаты исследования структуры и свойств диффузионного слоя на поверхности титановых образцов цилиндрической формы, основные геометрические характеристики которых идентичны внутрикостным имплантируемым конструкциям (для фиксации костных фрагментов) для временного функционирования (не более 3–6 месяцев).  7. Результаты исследования и анализ данных функциональных качеств (биомеханической совместимости) малогабаритных титановых конструкций.  8. Основные рекомендации по созданию высококачественных конструкций со сверхтвердыми слоями и покрытиями для изделий восстановительной медицины.  Научная значимость результатов заключается в том, что впервые будет обосновано применение высокотемпературной индукционной обработки титана для получения на его поверхности функциональных покрытий, характеризуемых морфологической гетерогенностью микро- и наноразмерной структуры, а также высокой прочностью и твердостью. | В ходе выполнения НИР было опубликовано 4 научные работы. |  |
|  | СГТУ-346 "Исследование путей повышения эффективности ПГУ в условиях первичного регулирования частоты" | **Аминов Р.З.**  проф. каф. ТАЭ имени А.И. Андрющенко, д.т.н., проф.  (аспирант Москаленко А.Б.) | Проведена оценка отрицательного эффекта при работе на пониженных режимах газотурбинных установок и паровых турбин парогазовой установки на примере ПГУ-325, вызванной необходимостью обеспечения возможности повышения мощности по требованию Системного оператора при снижении частоты тока в энергосистеме.  Разработан и запатентован способ повышения эффективности работы ПГУ в условиях первичного регулирования частоты тока в энергосистеме, реализуемый путем применения дополнительного обводного парораспределения на паровой турбине совместно с существующими системами парораспределения.  Исследовано влияние установки перегрузочной камеры в проточную часть ПТУ для обеспечения возможности перегрузки турбины с использованием обводного парораспределения на внутренний относительный КПД при эксплуатации на номинальном режиме методом детального расчета ступеней проточной части с построением треугольников скоростей и определением лопаточного КПД.  Определены основные экономические показатели энергоблока при применении обводного парораспределения в зависимости от темпа роста стоимости топлива и отпускного тарифа на электроэнергию, а также режима работы парогазовой установки на её основные экономические показатели на примере энергоблока ПГУ-325 с учетом участия в первичном регулировании частоты тока в энергосистеме. Также проведена оценка допустимых экономических затрат на модернизацию паровых турбин путем установки на них обводного парораспределения.  Проведённые исследования легли в основу выпускной квалификационной работы Москаленко А.Б., окончившего аспирантуру только с оценками “отлично”.  Полученные результаты исследования могут быть использованы при проектировании энергоблоков ПГУ. |  |  |
| **Российский научный фонд** | | | | | |
|  | СГТУ-324 "Новые композитные функционализированного графена и наночастиц оксидов металлов для разработки перспективных мультисенсорных газоаналитических преобразователей" | **Варежников А.С.**  к.т.н., доц. каф. ФИЗ | 1) Разработана масштабируемая методика жидкофазного синтеза фосфорилированного графена с концентрацией  фосфорсодержащих (-РО3 и -О-РО3) до 10,2 ат.%, впервые достигнута функционализация графена фосфорсодержащими группами с концентрацией выше 8 ат.%.  2) Исследована коллоидная стабильность и развит подход аэрозольного напыления фосфорилированного графена для получения тонких, толщиной 5-40 нм, покрытий из данного материала на поверхности кремниевых и кварцевых подложек, а также мультиэлектродных чипов с системой компланарных электродов из благородных металлов (золото/платина).  5) Был успешно опробован метод получения композитных структур (гетероструктур) на основе нескольких слоев  функционализированных графенов, обладающих большим потенциалом использования в качестве газочувствительного слоя для ГМПП.  4) Разработан метод иммобилизации массивов индивидуальных наночастиц ZnО, SnО2, TiO2, СеО2 на поверхности  аминированного, тиолированного и йодированного графенов в ходе смешивания дисперсий соответствующих  функционализированных графенов и наночастиц оксидов металлов. Развита математическая модель для расчетов  требуемых параметров дисперсионных систем функционализированных графенов и наночастиц оксидов металлов для получения нанокомпозитных слоев «функционализированный графен - наночастицы оксида металла» с заданной плотностью расположения наночастиц  5) Результаты исследования хеморезистивного эффекта для ГМПП на основе сульфированного графена, а также ГМПП на основе нанокомпозитных структур «сульфированный графен - наночастицы ZnО/SnО2» и «йодированный графен — наночастицы ZnО/SnО2» показали, что воздействие тестовых газовых сред восстановительной и нейтральной природы приводит к обратимому изменению сопротивления, при комнатной температуре (~30°О).  6) Установлено, что воздействие аммиака на ГМПП на основе сульфированного графена и его модификаций  наночастицами SnО2/ZnО, приводит к уменьшению электрического сопротивления сенсорных сегментов, в то время как воздействие остальных исследуемых аналитов приводит к увеличению их электрического сопротивления.  Обнаруженный эффект делает ГМПП сформированного на основе сульфированного графена и его модификаций  наночастицами SnО2/ZnО графена перспективным в качестве селективного сенсора на аммиак.  7) Используя методы квантово-химического моделирования исследовано влияние тиольной группы на графене на его электронную структуру. Рассчитаны плотности электронных состояний (DОS) тиолированного графена и проекции плотности электронный состояний на атом серы (S PDОS). Обнаружено, что на поверхности идеального графена тиольная группа физически адсорбируется не образуя ковалентных связей.  8) Показано, что аминная группа в графеновой решетке вызывает спиновую поляризацию, распространяющуюся в пространстве формируя подрешетки А и В с противоположными спинами. | В ходе выполнения НИР было опубликовано 2 научные работы. | Получен 1 патент на изобретение. |
|  | СГТУ-325 «High-K полимерные композиты на основе гибридных наноструктур (титанаты калия со структурой голландита, декорированные оксиграфеном) для изделий/компонентов электроники нового поколения» | **Горшков Н.В.**  к.т.н., доц. каф. ХИМ | В рамках третьего этапа выполнения работ исследованы диэлектрические свойства трехфазных композитов оптимальных составов, отобранных по результатам исследований на предыдущих этапах и на основании высокого научного и.практического интереса к эпоксидной смоле (ЭС).  Диэлектрические свойства трехфазных композитов исследованы в сравнении с чистой полимерной матрицей.  Повышение диэлектрической проницаемости в трехфазных композитах достигается, в первую очередь, за счет введения керамического наполнителя, функцию которого в исследуемой системе выполняют голландиты различного состава. Поляризационные процессы в таких материалах обусловлены подвижностью ионов К+ в квазиодномерных каналах туннельной структуры, сопровождающейся перераспределением электронов в структурной решетке за счет переменной валентности титана и переходного металла (Ni, Fе, Сu) в составе голландита.  Типичная морфология частиц голландитоподобных материалов столбчатая, что затрудняет перенос заряда и требует использования проводящих частиц, в качестве которых выбирают углерод различной модификации.  Для всех полимерных матриц диэлектрическая проницаемость определяется качественным и количественным  составом наполнителей и преимущественно не зависит от частоты, кроме композитов с высокой концентрацией  гетероструктурной нанокерамики и углеродной добавки, которые характеризуются увеличением с уменьшением  частоты.  Частотные зависимости тангенса диэлектрических потерь для трехфазных композитов всех исследованных составов имеют схожее поведение с максимумами и минимума на определенных частотах, связанными с релаксационными процессами в материалах.  Для матрицы ПММА достигнуто увеличение диэлектрической проницаемости от 5 для чистой матрицы до 40 единиц для трехфазных композитов при тангенсе потерь ниже 0.1.  В случае ПВДФ получено увеличение диэлектрической проницаемости от 5 для ПВДФ до 25 трехфазных композитов на его основе, при этом тангенс диэлектрических потерь также преимущественно не возрастает выше 0.1.  Полимерматричные трехфазные композиты на основе эпоксидной смолы оптимального состава характеризуются  увеличением ε с 5 для чистой эпоксидной смолы до 25 при tanδ ~ 0.1.  При производстве трехфазных полимерматричных композитов при одновременном использовании керамического и проводящего наполнителей обнаруживается синергетический эффект, который в данном исследовании, оценивали путем сравнения изменения ε и tanδ для полимерной матрицы после добавления наполнителей поодиночке и вместе.  Импедансное исследование трехфазных композитов показывает, что анализ импедансных данных с помощью классической ВС цепочки не является эффективным, поэтому, как и во множестве литературных источников, вместо емкостного элемента (С) используется элемент постоянной фазы (СРЕ).  Данный аналитический подход может быть использован для характеризации полимерматричных композитов с различными керамическими наполнителями.  Для образцов PVDF-КFТО 30%+СМТ 0.5-1.5% импеданс интерпретируется схемой с тремя элементами: R, С и СРЕ. При этом R можно отнести к объемному сопротивлению на постоянном токе, С - геометрическая емкость, а элемент СРЕ описывает перенос заряда по проводящим углеродным участкам. При этом степенной показатель n принимает значения около 0.5, что может интерпретироваться как диффузионный импеданс и, видимо; связан с локальными барьерами в проводящей сети углеродных участков, в том числе эффектом туннелирования.  Описанное поведение является характерным для полимерматричных композитов с наполнителями в виде  гетероструктурной нанокерамики состава Кх(Тi,Ме)уОz (Ме = Fе, Ni, Cu) и различными модификациями углерода.  Формирования однослойных и многослойных функциональных покрытий выбранных составов композитов при нанесении на IТО стекла, полимерные пленки с IТО покрытием и стальные пластины осуществлялось методами «spin-coating» и «doctor blade». В зависимости от используемого метода формирования покрытий, полимерной матрицы и количественного соотношения компонентов, а также условий нанесения материалов на подложку покрытия различаются равномерностью и толщиной. В зависимости от вращения подложки при «spin-coating» методе и зазором между ножом и плоскостью подложки в случае «doctor blade» методе толщина покрытий варьировалась от 10 до 100 мкм.  Для исследования диэлектрических свойств трехфазных композитов выбранных составов при изгибе на различные  углы методом «doctor blade» получены функциональные покрытия на полиэтилентерефталатной (ПЭТ) пленке с  электропроводящим IТО покрытием. Установлено, что все исследованные диэлектрические свойства (диэлектрическая проницаемость, тангенс диэлектрических потерь, проводимость} трехфазных композитов оптимальных составов отличаются не более чем на 2.5% при изгибе вплоть до 90°.  Измерение электрической прочности оптимальных сочетаний полимерная матрица/гетероструктурная нанокерамика  (Кх(Тi,Ме)уОх)/ модификация наноуглерода осуществлялось фиксацией пробойного напряжения, при этом образец  помещался между двумя стальными электродами, между которыми напряжение увеличивалось равномерно со  скоростью 500 В/с. Электрическая прочность рассчитывалась как отношение пробивного напряжения на толщину  образца. Для матрицы ПММА ожидаемая электрическая прочность составляла 300 кВ/мм, для ПВДФ - 20-25 кВ/мм, для эпоксидной смолы - 16 кВ/мм; для фторопласта - 50-80 кВ/мм. При этом композиты с наполнением 30 об.% голландита обладают электрической прочностью на порядок ниже чистой полимерной матрицы. Увеличение доли углеродной составляющей трехфазного композита способствует дальнейшему уменьшению электрической прочности.  Проанализированы результаты исследований по трем этапам, произведено сопоставление с требованиями к материалам, используемым при изготовлении элементов электроники. Подготовлены рекомендации по масштабированию методик и технологии синтеза композитов. Принимая во внимание интенсивное развитие 5G  технологий, а также тенденции по росту производства гибкой электроники, разработанные подходы изготовления трехфазных композитов могут быть использованы при проектировании элементов электронной компонентной базы.  При этом для изготовления тонких пленок рекомендуется использовать метод каландрирования и фторопластовые дисперсии в качестве полимерной матрицы. Применение матриц эпоксидная смола и ПММА рекомендуется для изготовления элементов сложных геометрических форм. Применение матрицы ПВДФ с использованием технологии осаждения антирастворителями позволяет контролировать содержание α-, β-, у-фаз, что повышает технологичность при промышленном изготовлении элементов электронной компонентой базы и иных электротехнических изделий. | Опубликованы 2 статьи в журналах: Роlymers (Q1) и Russian Journal of Applied Chemistry (RSCI), сделаны 2 доклада на международных конференциях |  |
|  | СГТУ–298 «Социальный урбанизм как доступность городской среды в параметрах темпорального неравенства и концептах социальной политики (на примере российских провинциальных городов)» | **Ярская-Смирнова В.Н.**  д.ф.н., проф. | В отчетный период проведена концептуализация темпорального подхода к исследованию социальной реальности пандемии. Комплексная межпарадигмальная трактовка темпорализма обоснована концепциями жизненного пути и времени социальной жизни в соотнесении с историческими, биологическими, физическими и другими временными координатами, которые позволяют раскрыть различные жизненные перспективы, масштабируя их на взаимосвязанных уровнях социальной реальности. В итоге получена социологическая трактовка социального времени в социальном, историческом, бифуркационном форматах, с привлечением аксиологической, ценностной перспективы, новая парадигма - инклюзивный и реляционный темпорализм, объясняющая институциальные и микросоциальные проблемы сообществ в реалиях нелинейных миров.  Визуализация результатов сетевого медиа анализа федеральных печатных СМИ в виде графов взаимных упоминаний с использованием программы анализа сетевых структур Gephi позволил эксплицировать наличие связи между подгруппами маломобильных и другими категориями анализа, плотность полученных сетей и меры центральности узлов графов. Графы отражают опыт перенесения ковида представителями маломобильных групп и новые практики которые помогают россиянам адаптироваться к вызовам коронавируса. Выявлено, что пожилые люди и люди с инвалидностью представлены как основные пострадавшие и, одновременно, акторы самопомощи, что не только подчеркивает дискурс активности представителей рассматриваемой группы, но и указывает на усиление дискурса приватизации социальных проблем.  Проведенный массовый опрос маломобильных групп граждан в трех городах (Казань, Саратов, Томск) позволил  кластеризовать паттерны поведения опрошенных в четыре стратегии, которые сформировались на фоне ухудшения  здоровья, благосостояния и повышения социальной изоляции: 1) доверяющие власти и солидарные с обществом — «стратегия консенсуса»; 2) доверяющие власти, но не проявляющие солидарности - «прогосударственная стратегия»; 5) проявляющие солидарность, но не доверяющие власти - «просоциальная стратегия»; 4) не доверяющие власти и не солидарные с обществом - «стратегия автономии». Различия между представителями данных групп доказывают верность гипотезы о влиянии солидарности и доверия внутри сообществ на их способность к быстрому восстановлению в период эпидемий. Стратегия консенсуса показывает своё превосходство над другими с точки зрения стремления соблюдать выработанные механизмы охраны здоровья, кроме того, для неё характерно получение помощи социальных служб и волонтеров. С точки зрения новых форм поддержки в условиях пандемии в первую очередь обращает на себя внимание просоциальная стратегия.  Реализованный качественный опрос маломобильных граждан и социальных работников, кейс-стади социальных  организаций в городах Казань, Саратов, Томск позволили выявить значение деятельности агентов социальной заботы на институциальном уровне. Систематизированы стратегии сопротивления ухудшению физического состояния: семейная поддержка, соседская сплоченность подтверждают активизацию социальной солидарности. Зафиксирован дигитальный поворот в освоении виртуальной среды, что оказывает влияние на расширение цифровых границ индивида и оформление новых солидарностей в сети. Получена классификация новых форм поддержки граждан в пандемийных условиях, реализуемых специалистами по социальной работе государственного и некоммерческого сектора, волонтерами, а также родственниками, знакомыми и посторонними людьми, включающимися в новые солидарности, Определено, что социальная работа выступила ключевым институтом поддержки наиболее уязвимых категорий граждан, а также созидающим и формирующим элементом социальной сплоченности и солидарности российского общества.  Проведенный контент-анализ публикаций на тему приемного родительства позволил выявить, описать и интерпретировать девять наиболее обсуждаемых в публичном пространстве тем. Зафиксирована тенденция к стигматизации приемного родительства как социального института, пропагандируемая политикой репрезентации, избираемой российскими интернет-СМИ. Сформулированы рекомендации по оптимизации публикационной политики по теме приемного родительства.  На основе результатов проведенного качественного контент анализа аккаунтов блогеров-инвалидов сформулирована авторская классификация типов виртуальной репрезентации лиц с особенностями здоровья. Выявлено и интерпретировано шесть подходов к конструированию идентичности инвалидности в цифровой среде.  Сформулирована трактовка, объясняющая активность инвалидов в социальных сетях как способ получения  дополнительных перспектив инклюзии. Типологизация онлайн стратегий пожилых блогеров в публичном пространстве позволила эксплицировать проблематику пандемии в контексте социальной уязвимости и агентной позиции. Анализ центральных агентных репертуаров, совокупности мнений и реакций на проявление акторов в сети позволили оценить степень проявления гражданской активности и значение социально уязвимых групп в формировании общественного мнения в аспекте инклюзии.  Исследование практик социальных служб в период пандемии выявило аспекты профессионализма, устойчивости,  готовности к ситуационному анализу и реагированию, созданию новых форм деятельности. Для оказания помощи  уязвимым категориям населениям подключились некоммерческие организации и добровольческие движения,  произошло усиление интереса к фандрайзингу, инициирование новых грантовых проектов. Определен новый взгляд специалистов социальной сферы на понимание сверхзадачи и важности своего труда, усилилось значение гуманистических идеалов и альтруистических качеств специалистов.  Проделанный в рамках проекта анализ концептуальных оснований аппарата исследования динамики социальных параметров городской жизни показал, что пересмотр устоявшихся коммуникационных форм взаимодействия индивидов сформировал исключительные условия для укоренения новых практик, оставшихся востребованными и  после окончания действия ограничений: 1) появление новых символов и новой символической нагрузки ряда понятий; 2) развитие новых форм лояльности и несогласия в отношении официального порядка, общественных интересов; 5) фильтрация, разделение действий, контента, контактов, на онлайн и офлайн форматы; 4) изменение рынка труда и сферы образования; 5) усиление темпорального неравенства.  Анализ серии глубинных и групповых интервью городских активистов, посвященных обсуждению форматов  городского развития показал темпоральные особенности нисходящих и восходящих стратегий городского развития.  Полученные материалы свидетельствуют о популярности неформальных коллективных практик локального активизма, реализуемых на фоне представлений горожан о надлежащем управлении городским пространством, формирующих институциальные механизмы обеспечения социального партнерства. Выявлены базовые сюжеты, паттерны рефлексии успешности стратегий городского развития городскими активистами. Исследована роль культурных, медийных, музейных институций, реконструкторского движения в развитии темпоральности инклюзивной культуры и доступности городского пространства. | Научные результаты представлены в 42 докладах на 25 научных мероприятиях международного и всероссийского масштаба; в 29 публикациях, в том числе, входящих в Перечень ВАК (5), индексированных в РИНЦ (19), базах данных Scopus / Web of science (5) (3 опубликованы, 2 в печати, что подтверждается справкой из издательства), сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической онлайн конференции «Темпоральность социальной заботы: история, современность, перспективы» (21 п.л), коллективная монография (17 п.л). | Полученные научные результаты прошли широкую апробацию и обнародование.  Организована итоговая международная конференция «Пронизывающая темпоральность», 16 сентября 2022, Саратов, СГТУ имени Гагарина Ю.А. (более 80 российских и зарубежных ученых). |
|  | СГТУ-301 «Исследование процессов тепломассообмена и механизма структурообразования сверхтвердых металлокерамических покрытий в условиях высо-котемпературной обработки токами высокой частоты малогабаритных титановых конструкций с тонкослойными (Ta,Zr)-элементами» | **Фомин А.А.**  д.т.н., проф. каф. СМ | В результате моделирования методом конечных элементов (МКЭ) были рассчитаны температурные поля в системе "индуктор – титановая мишень – изделие" в зависимости от тока индуктора и продолжительности выдержки при индукционно-термическом вакуумном распылении (ИТВР) с последующей конденсацией из паровой фазы. Определены условия, при которых титановая мишень нагревалась до температуры испарения в вакууме [1]. Экспериментально установлено, что в результате ИТВР при токе индуктора I = 3.2–3.8 кА, потребляемой электрической мощности P = 0.78–0.96 кВт и выдержке t = 300–900 с на поверхности образцов стальных X82WMoCrV6-5-4 пластин возрастало содержание титана C[Ti] = 43–51 ат.% и углерода C[C] = 42–46 ат.%. Согласно уточняющим данным РФА полученный слой на поверхности стальных образцов представлял собой титаносодержащее карбидное покрытие, в составе которого основной фазой являлся карбид титана (TiC). Для интегральной оценки морфологической гетерогенности поверхности использовался параметр MHS, который учитывал плотность распределения основных структурных составляющих (зерен и пор) по поверхности образцов. Было установлено, что при ИТВР формировались как твердые H = 16.42–36.82 ГПа, так и сверхтвердые H = 59.30–60.55 ГПа титаносодержащие карбидные покрытия. Последний тип покрытий формировался при умеренном и высоком значении потребляемой электрической мощности P = 0.85–0.96 кВт и средней выдержке t = 600 с. Данные значения твердости соответствовали умеренной степени параметра MHS = 33–35 %. Таким образом, титаносодержащие карбидные покрытия, полученные новым методом ИТВР, могут быть использованы в условиях воздействия высокого уровня сосредоточенных и распределенных нагрузок.  Путем моделирования МКЭ также были рассчитаны температурные поля в системе "индуктор – танталовая мишень – изделие из титана" в зависимости от тока индуктора и времени выдержки при ИТВР [2]. Определены условия нагрева танталовой мишени до температуры испарения в вакууме. Экспериментально установлено, что после ИТВР при токе индуктора от 4,9 до 6,7 кА, потребляемой электрической мощности P = 1,67–3,32 кВт и времени воздействия t = 30–300 с увеличивается содержание тантала C[Ta] = 21,6–42,1 ат.%, кислорода C[O] = 16,5–43,5 ат.% и азота C[N] = 2,6–9,4 ат.% на поверхности образцов титана. По данным РФА образующаяся тонкослойная структура на образцах титана в основном представлена следующими кристаллическими фазами: оксидами тантала (Ta2O5, Ta2O), оксинитридом и нитридом тантала (TaON, TaN), оксидами титана (TiO2, TiO) и металлической альфа-фазой (Ta, Ti). Установлено, что в процессе ИТВР на поверхности титановых образцов были получены твердые H = 18,85–39,17 ГПа и сверхтвердые H = 46,18–89,88 ГПа танталсодержащие покрытия. Наибольшие значения сопротивления пластической деформации (на 50–70%) и износостойкости образцов титана с танталсодержащими покрытиями наблюдалось при кратковременной выдержке t < 60 с процесса ИТВР. | В ходе выполнения НИР были опубликованы 10 научных работ. |  |
|  | СГТУ-355 "Разработка комплексного акустического и когерентно-оптического анализатора морфофункциональных характеристик дисперсных систем и пористых сред для мониторинга процессов синтеза и функционализации материалов" | **Исаева А.А.**  к.ф.-м.н., доц.  каф. ФИЗ | Разработана методика спекл-корреляционного анализа локальных нестабильностей, обусловленных структурными перестройками рассеивающего матрикса в эволюционирующих пенах. Получены корреляционные и статистические характеристики флуктуаций интенсивности рассеянного нестационарной двухфазной системой с неизменной и линейно изменяющейся объемной долей жидкой составляющей пены. Проанализирована кинетика и динамика поведения времени корреляции флуктуации интенсивности рассеянного лазерного излучения при локальных структурных перестройках.  Разработана феноменологическая модель, устанавливающая взаимосвязь времени корреляции флуктуаций интенсивности рассеянного пеной лазерного излучения с временем старения образца пены. Для образцов изолированной пены наблюдается степенной тренд зависимости времени корреляции от времени старения, адекватно описываемый в рамках разработанной модели. Модель основана на оценке характерного времени существования газовых пузырей в эволюционирующей пене, определяемого средней скоростью диффузионного массопереноса в системе и средней массой газа в пузырях. В рамах модели дана качественная интерпретация эффекта существенно меньших значений времени корреляции флуктуаций интенсивности для открытых систем с испарением жидкой фазы по сравнению с изолированными пенами. Полученные результаты могут представлять интерес с точки зрения дальнейшего развития лазерных методов диагностики нестационарных многофазных систем со сложной структурой и динамикой в режиме реального времени.  Для проведения акустического зондирования двухфазных пеноподобных систем разработана схема экспериментальной установки с использованием акустического пьезодатчика и акустической системы Экофизика-110А, позволяющие проводить измерения в широком диапазоне частот.  В нестационарных пеноподобных системах со сложной динамикой рассеивающего матрикса с использованием численного моделирования методом Монте-Карло установлена линейная зависимость степени декорреляции парциальных компонент рассеянного излучения от средней оптической длины пути, нормированной на транспортную длину пути. Параметр степени декорреляции связывает нормированную временную корреляционную функцию флуктуаций интенсивности рассеянного поля с кратностью рассеяния излучения и, соответственно, такими характеристиками как объемная доля жидкой составляющей, кинематикой процессов внутренних перестроек в системе и стадией перехода от «мокрых» к «сухим» пенам. Распределение оптических длин путей парциальных составляющих рассеянного нестационарной дисперсной системой зависит от кратности рассеяния и плотности упаковки рассеивающих элементов структурного матрикса.  С использованием представления эволюционирующей пены как системы множества ячеек Кельвина показана взаимосвязь коэффициента пропускания зондирующего излучения и объемной доли жидкой составляющей и кратности пены при трансформации формы ячеек от сферической к многогранной. Проанализирован подход для представления эволюционирующей пены как совокупности сфер и усеченных октаэдров для случаев монодисперсных и полидисперсных пен с учетом релаксационных сил отталкивания.  Установлена взаимосвязь медленной и быстрой структурной модификации с корреляционными и статистическими характеристиками рассеянного пеноподобной средой оптического излучения. Показана возможность использования в качестве информативных параметров диагностики микроскопической динамики структурного рассеивающего матрикса времени корреляции флуктуаций интенсивности и времени жизни отдельных спеклов рассеянного системой модулированного оптического поля.  Полученные результаты позволяют развить существующие представления о механизмах взаимодействия света с пористыми нестационарными средам и повысить информативность детектируемых оптических сигналов, а также расширить возможности мультиспекловой диффузионно-волновой спектроскопии для задач анализа физических процессов в нестационарных системах. Показанная взаимосвязь оптических характеристик, особенностей структурных перестроек и статических и корреляционных характеристик спекл модулированных полей дает возможность для развития новых подходов бесконтактной диагностики морфофункциональных свойств многофазных пористых систем. | В ходе выполнения НИР были опубликованы 2 научные работы. |  |
|  | СГТУ-356 "Моделирование переходной динамики между метастабильными состояниями мозга" | **Сысоева М.В.**  к.ф.-м.н., доц.  каф. РТ | В ходе выполнения проекта был набран большой ансамбль фрагментов временных многоканальных реализаций локальных потенциалов мозга десяти крыс генетической линии WAG/Rij, содержащий интересующие нас типы активности головного мозга. В сумме было размечено 100 пик-волновых разрядов, 100 десятисекундных эпизодов пассивного бодрствования и 100 десятисекундных эпизодов медленного сна. Для этих фрагментов был проведён временной и спектральный анализ, выявлены основные частотно-временные характеристики исследуемых типов активности.  По всему ансамблю отобранных фрагментов экспериментальных временных рядов было проведено разложение на эмпирические моды. Разложение показало, что выделить одну или несколько мод, соответствующих основным паттернам активности, не удаётся ни для одного из исследованных режимов поведения. В результате, было показано, что эмпирическая декомпозиция мод не может быть эффективно использована для выделения из сигналов локальных потенциалов основных составляющих, соответствующих сну, бодрствованию и эпилептиформной активности.  Была построена математическая модель таламокортикальной системы мозга, которая при неизменных параметрах отдельных элементов сети и неизменной архитектуре сети, но при минимальных изменениях силы связи между элементами сети, способна демонстрировать все три интересующих нас состояния мозга. Методом перебора матриц со случайными связями были найдены десять 28-элементых матриц и десять 280-элементных матриц, которые демонстрируют длинные (десять и более колебаний) переходные процессы. Таким образом была доказана масштабируемость и популяционная вариабельность (получение переходных процессов для матриц одного размера, но разной архитектуры связей) предложенной модели таламокортикальной системы. Для всех полученных матриц был проведён анализ длительности переходных процессов в зависимости от фазы внешнего воздействия. За счёт изменения начальной фазы воздействия достигалась индивидуальная вариабельность матриц (получение разных по длительности переходных процессов от одной матрицы). Полученные переходные процессы были кластеризованы по форме и длительности. Во всех найденных матрицах возможны несколько различных переходных процессов.  В среде имитационного моделирования в SPICE-симуляторе Multisim на основе реалистичных электронных компонентов были реализованы несколько матриц, моделирующих таламокортикальную систему мозга. Было показано, что длинные, квазирегулярные и нерегулярные колебательные процессы с примерно постоянной амплитудой наблюдаются в ансамблях из 14, 28 и 56 радиотехнических генераторов ФитцХью-Нагумо. Было проанализировано изменение длительности переходных процессов в модели в зависимости от фазы внешнего воздействия и от конкретной реализации матрицы связей. Было показано, что предложенные радиотехнические модели таламокортикальной сети мозга устойчиво воспроизводят режимы функционирования мозга качественно сходным образом при вариации числа элементов сети, структуры связей и начальной фазы внешнего воздействия. | В ходе выполнения НИР было опубликовано 7 научных работ. |  |
|  | СГТУ-357 «Исследование путей повышения системной эффективности и безопасности АЭС на основе аккумуляторов фазового перехода (АФП). Новый взгляд на проблему» | **Аминов Р.З.**  д.т.н., проф.  каф. ТАЭ | 1. В настоящее время в мире получило распространение большое количество химических соединений и сплавов, обладающих свойствами фазового перехода в очень широком диапазоне температур плавления. При комбинировании аккумуляторов фазового перехода (АФП) с влажно-паровыми циклами двухконтурных АЭС температурный режим фазового перехода ограничивается 260–275°С. Проведен анализ широкого спектра возможных рабочих тел в принятом диапазоне температур. На основе такого выбора и обоснования рабочих тел при использовании АФП в тепловой схеме ВВЭР-1000 принят 59% NaOH + 41% NaNO3 и 65,5% LiOH + 34,5% LiCl для тепловой схемы ВВЭР-1200. Температура конденсации свежего пара в схеме с ВВЭР-1000 составляет 273°С, а в тепловой схеме в ВВЭР-1200 283°С. Температура фазового перехода соответственно для этих рабочих тел составляет 266 и 274°С, теплота фазового перехода 278 и 338 кДж/кг.  Свойства и характеристики аккумулирующего материала 59% NaOH + 41% NaNO3 изучены достаточно хорошо. Согласно литературным данным этот ТАМ имеет высокие показатели стабильности даже после 10000 часов термоциклических нагрузок. В экспериментах, проведенных в Электротехнической лаборатории в Японии, наблюдалось незначительное снижение теплофизических свойств ТАМ (на 3–6°С температуры плавления и на 5°С теплоты фазового перехода). Такое уменьшение показателей обусловлено наличием примесей в компонентах сплава.  2. Проведено обоснование экономической эффективности и преимуществ дополнительной турбины по сравнению с реконструкцией основного турбогенератора при установке системы теплового аккумулирования (СТА) на основе аккумуляторов фазового перехода (АФП).  Увеличение расхода свежего пара на выходе из парогенераторов в период разрядки АФП обеспечивается при постоянной мощности реакторной установки и неизменных параметрах теплоносителя I контура. Важное достоинство предложенной схемы – отсутствие необходимости выполнения каких-либо переключений при наступлении исходного события. Такая схема позволяет поддерживать непрерывное электроснабжение собственных нужд при полном аварийном останове всех реакторов АЭС.  3. Выполнено обоснование экономически эффективного использования АФП в тепловой схеме атомного энергоблока на основе подогрева питательной воды после подогревателей высокого давления. При отсутствии парогенерирующей части в АФП в этой схеме упрощается и удешевляется его конструкция, а генерация дополнительного пара в основном парогенераторе обеспечивает самую высокую термодинамическую эффективность при работе дополнительной турбины в штатных режимах. Определен уровень максимальной возможной мощности дополнительной турбины при подогреве питательной воды аккумулятором фазового перехода на энергоблоке с реактором ВВЭР-1000. Этот уровень составил 140 МВт.  4. Принятая схема использования системы аккумулирования тепловой энергии с подогревом питательной воды теплом АФП в аварийных ситуациях с обесточиванием позволяет эффективно вырабатывать электрическую энергию в дополнительной турбине, используя пар, генерируемый остаточным тепловыделением в реакторе. На основе опытных данных, полученных на реакторах ВВЭР-1000 Балаковской АЭС показано, что остаточное энерговыделение одного реактора при использовании дополнительной турбины мощностью 12 МВт достаточно в течение 72 часов. Это соответствует современным требованиям Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ).  Укрупненные расчеты интенсивности крупной аварии на примере энергоблока с ВВЭР-1000 с тремя каналами безопасности в условиях Поволжья показали, что наличие дополнительной турбины приводит к снижению интенсивности повреждения активной зоны с 7,4·10-5 до 8,8·10-7 1/реактор·год. Это обеспечивает установленную МАГАТЭ максимально допустимую интенсивность повреждения активной зоны – 1·10-6 1/реактор·год и позволяет заменить дорогостоящие дополнительные системы пассивного отвода тепла (СПОТ).  5. Проведенные расчеты по оценке экономической эффективности предполагаемой системы с АФП и дополнительной турбиной с учетом ее многофункциональных свойств и замены СПОТ показывают, что система обеспечивает чистый дисконтированный доход уже при существующем диапазоне разности дневного и ночного тарифов на электроэнергию в энергосистемах РФ. | В ходе выполнения НИР были опубликованы 2 научные работы. |  |
|  | СГТУ-358 «Разработка концепции проектирования класса мехатронных стендов, использующих инерциальные чувствительные элементы» | **Калихман Д.М.**  д.т.н., проф.  каф. ТММ | Разработан принцип создания прецизионных стендов для контроля современных измерителей угловой скорости, представляющих собой сложную мехатронную систему, где в качестве инерциальных чувствительных элементов применяются высокоточные измерители угловой скорости и линейного ускорения (современные акселерометры), снабженные цифровыми системами управления. В процессор, управляющий всей системой, программируются алгоритмы, позволяющие скомплексировать и обработать информацию, которая поступает от прецизионных инерциальных чувствительных элементов самого стенда, высокоточного углового энкодера и поверяемого прибора. Цифровая система управления стендами позволяет практически устранить зависимость регуляторов от типа инерциального чувствительного элемента и заменять инерциальные чувствительные элементы без вмешательства в конструкцию стендов путем перепрограммирования регуляторов в управляющем процессоре стенда, подстраивая параметры системы управления стендом под тип инерциального чувствительного элемента. По метрологической классификации предлагаемые стенды являются первичными эталонами задания и хранения угловой скорости, из схемотехнических решений которых как частные случаи вытекают схемотехнические решения построения иерархически подчиненных им эталонов. Проведена систематизация и формирование математических моделей каждого из схемотехнических решений стендов и соответствующих им систем управления. Такой подход позволяет создать прецизионное испытательное оборудование для контроля масштабного коэффициента и динамических характеристик высокоточных измерителей угловой скорости, без которых работа современных прецизионных бесплатформенных инерциальных навигационных систем практически невозможна. Особенно актуальной решение данной задачи является в условиях проводимой в России политики импортозамещения. | В ходе выполнения НИР были опубликованы 2 научные работы. |  |
|  | СГТУ-359 «Дисперсные наноструктурированные сенсорные и фотонные материалы: влияние пространственной локализации процессов переноса зарядов и излучения на функциональные свойства» | **Зимняков Д.А.**  д.ф.-м.н., проф.,  зав. каф. ФИЗ | При реализации проекта в 2022 году достигнуты следующие научные результаты:  Разработаны методики синтеза оксидных квазидвумерных полупроводниковых систем с различными масс-объемными параметрами для создания прототипов на основе встречно-штыревых электродных конструкций с различной топологией.  Созданные образцы были охарактеризованы с помощью оптических методов, атомно-силовой и электронной микроскопии.  Получены экспериментальные данные о влиянии импульсно-периодической лазерной накачки на эффективную диэлектрическую функцию наночастиц нитрида титана. Продемонстрирована возможность модуляции действительной и мнимой частей диэлектрической функции наночастиц нитрида титана за счет лазерного воздействия. Создано программное обеспечение для восстановления значений нелинейной диэлектрической функции наночастиц в зависимости от интенсивности лазерной накачки по результатам измерений нелинейного рассеяния и нелинейного поглощения суспензий наночастиц. Получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.  Проведены исследования фотопроводимости квазидвумерных неупорядоченных дисперсных систем на основе плотноупакованных частиц диоксида олова. Установлено влияние импульсно-периодической лазерной накачки в фундаментальной полосе поглощения диоксида олова и при смещении от неё в длинноволновую область на макроскопическую проводимость синтезированных систем. На основе полученных экспериментальных данных о скорости нарастания фотопроводимости в зависимости от длины волны накачки оценено значение энергии Урбаха для частиц диоксида олова.  Проведены экспериментальные и теоретические исследования эволюции макроскопической проводимости дисперсных систем на основе плотноупакованных наночастиц анатаза в условиях протекания постоянного тока при различных температурах. Установлено, что спектры мощности флуктуационных составляющих падений напряжения на системах в низкочастотной области описываются степенной зависимостью от частоты. На начальной стадии эволюции проводимости показатель степени близок к 1, что соответствует классическому фликер-шуму. По мере приближения систем к порогу протекания показатель стремится к значению порядка 4. Это предположительно свидетельствует о лавинообразном характере переноса зарядов в каналах проводимости вблизи порога протекания. Разработана феноменологическая модель макроскопического переноса зарядов в исследуемых системах, учитывающая формирование в них нестационарных ансамблей некоррелированных каналов проводимости (перколяционных кластеров). Установлены характерные особенности макроскопического переноса зарядов в исследуемых структурах вблизи порога протекания.  Проведены экспериментальные исследования особенностей динамики нарастания/спада фотоиндуцированной проводимости ансамблей плотноупакованных частиц анатаза вблизи порога протекания при воздействии единичных лазерных импульсов различной плотности мощности в полосе фундаментального поглощения анатаза. В предположении о преимущественно диффузионном характере динамики фотоиндуцированных носителей в наночастицах анатаза вследствие существенного подавления внешнего поля за счет разделения зарядов в наночастицах оценен коэффициент диффузии электронов в наночастицах анатаза для используемых условий. Оцененное значение хорошо согласуется с данными, полученными другими методами.  Проведены теоретические и экспериментальные исследования особенностей возбуждения стохастической лазерной генерации в ансамблях полупроводниковых и диэлектрических наночастиц, насыщенных лазерными красителями. Разработана кинетическая модель эволюции флуоресцентного отклика подобных систем при воздействии лазерной накачки. Разработано программное обеспечение для моделирования эволюции флуоресцентного отклика и получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.  Разработана вероятностная модель эволюции пакетов квантов флуоресцентного излучения по мере их блуждания в случайно-неоднородной среде с заданной населенностью возбужденного состояния центров флуоресценции.  Установлено общее для подобных систем свойство конверсии излучения накачки во флуоресцентный отклик: минимальное значение длины усиления флуоресценции в накачиваемой среде не зависит от свойств среды и флуорфора, а определяется только характерным размером ассоциируемых с лазерными спеклами локальных эмиттеров флуоресценции и фактором радиационного обмена между эмиттерами. | В ходе выполнения НИР было опубликовано 6 научных работ, в том числе 2 статьи в журналах, индексируемых в WoS и Scopus и входящих в квартили Q1/Q2. | Получено 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ. Результаты проекта представлены на 5 международных и всероссийских конференциях. |
|  | СГТУ-360 «Исследование фундаментальных основ формирования газоаналитических мультисенсорных систем с помощью новых наноструктурированных материалов и современных методов искусственного интеллекта» | **Сысоев В.В.**  д.т.н., проф.  каф. ФИЗ | Разработаны технологические методы и приемы для разработки новых газоаналитических устройств электронного обоняния на основе новых квази-двумерных структур максенового вида Mo2CTx и Nb2CTх. Проведено систематическое исследование их физических свойств современными инструментальными методами на всех технологических этапах.  Развиты электроизмерительные стенды, позволяющие проводить лабораторные исследования мультисенсорных чипов на основе наноразмерных максеновых слоев комбинаторными методами.  Изучен хеморезистивный эффект в максеновых структурах Mo2CTx при воздействии различных аналитов при комнатной температуре. Показано, что такие материалы имеют малый электрический шум, который позволяет уверенное детектирование молекул тестовых аналитов в широком диапазоне концентраций от 10 ppm (H2O) и 500 ppm (спирты, ацетон и аммиак); показано, что увеличение температуры до 100 оС приводит к увеличению резистивного шума, что существенным образом ухудшает хеморезистивный отклик системы.  Изучен электронный транспорт в наноразмерных слоях максеновых структур Mo2CTx при комнатной температуре методом импедансной спектрометрии при воздействии различных тестовых аналитов из газовой фазы, который показал, что проводимость таких слоев определяется потенциальными барьерами в местах контактов максеновых чешуек, а модуляция проводимости таких слоев при адсорбции молекул (воды, спиртов, ацетона и аммиака), по-видимому, зависит от возникающих дополнительных локальных дефектных центров на поверхности двумерных кристаллов максенов.  Изучены хеморезистивные характеристики максеновых структур на основе Nb2CTх при различных рабочих температурах. Показано, что при температуре 300 оС эти структуры генерируют хеморезистивный отклик n-типа (понижение сопротивления) к парам различных спиртов (метанол, этанол, изопропанол, бутанол), аммиака и воды, в концентрациях от 100 ppm. Полученные результаты объясняются окислением данных максенов в оксидную фазу под действием нагрева и реакцией нано-оксидного слоя как широкозонного полупроводника.  Показано селективное распознавание ряда аналитов из газовой фазы, в том числе одной химической природы, например различных спиртов, с помощью однокристальных мультисенсорных линеек на основе наноразмерных слоев максенов Mo2CTx и окисленного Nb2CTх. | В ходе выполнения НИР было опубликовано 4 научные работы. |  |
|  | СГТУ-361 «Научное обоснование и разработка робастного метода двумерной фильтрации для измерения текстуры поверхности изделий аддитивного производства» | **Захаров О.В.**  д.т.н., проф.  каф. ТСУ | В ходе выполнения первого этапа проекта проведены теоретические и экспериментальные исследования, которые позволили обосновать применение морфологического фильтра для оценки текстуры поверхности изделий аддитивного производства. Подтверждено, что морфологический фильтр является естественно робастным, легко устраняет конечные эффекты и способен эффективно исключать погрешность формы. Для анализа робастности предложено четыре тестовых примера поверхностей с наклоном, ступенькой, впадиной и выступом. На основе компьютерного моделирования установлено, что для линейного фильтра Гаусса погрешность превышает 20%, а для регрессионного робастного фильтра Гаусса – 5%.  Выдвинута научная идея о применении асимметричного морфологического фильтра для оценки текстуры поверхности. В новом фильтре используются различные индексы вложения для комбинаций операций замыкания и размыкания. Это позволяет получить четыре типа асимметричного фильтра. Данный подход апробирован на примере профильного морфологического фильтра. Разработаны математическая модель и дискретный алгоритм на основе кусочно-линейной интерполяции для дискового морфологического фильтра. Полученная погрешность фильтрации при измерении параметров шероховатости составила около 3 %. | В ходе выполнения НИР было опубликовано 7 научных работ, в том числе 3 статьи, индексируемых в базах данных Scopus, Web Of Science и Russian Science Citation Index |  |
|  | СГТУ-364 «Разработка и исследование генератора запутанных оптических солитонов на основе модуляционной неустойчивости в оптических волокнах с периодически изменяющейся дисперсией для применений, основанных на квантовых технологиях» | **Мельников Л.А.**  д.ф.-м.н., проф.  каф. ПБС | Подготовлен и представлен для публикации в журнал УФН  обзор работ, посвященных квантовым флуктуациям оптических солитонов. В нем расматриваются вопросы описания оптических солитонов, управления параметрами солитона на основе использования волокон с переменной, периодически изменяющейся дисперсией, что соответствует нелинейному преобразованию Фурье, выполняемому полностью оптическими методами), сжатию квантовых флуктуаций и запутыванию импульсов, генерируемых при распаде двухсолитонных импульсов в волокне с периодической нелинейностью, экспериментальному исследованию квантовых флуктуаций, генерации сжатых состояний и внутриимпульсной корреляции флуктуаций числа квантов , измеренной в разных спектральных интервалах внутри оптического спектра импульса.  Кроме того, в обзоре делается вывод о важности процессов параметрического усиления из-за четыркхволнового взаимодействия в оптическом волокне для правильного учета влияния квантовых шумов, а также расчета квантовых внутриимпульсных и межимпульсных корреляций. Эти же процессы влияют на стабильность солитона при распространении его на большие дистанции. В обзоре также формулируются важные задачи, которые к настоящему времени не нашли отражения в публикациях. Это вопросы об управлении параметрами квантовых флуктуаций, и связи квантовых межимпульсных корреляций с запутанностью.  Исследовалась также модуляционная неустойчивость в волокне с периодическим изменением дисперсии. Во- первых это интересно с точки зрения обычного параметрического усиления в волокнах. Применение такого волокна позволяет расширить полосу фазочувствительного усиления. Во-вторых, таким образом можно управлять квантовыми флуктуациями при распространении солитона в оптическом волокне. Это дает перспективы создания генераторов импульсов с заданным уровнем квантовых флуктуаций, и, возможно, с заданной статистикой, что что важно для создания устройств квантовой криптографии и для смежных вопросов квантовых технологий на основе фотоники.  Для управления параметрами солитона оптическими методами рассмотрен вопрос о распаде многосолитонного импульса с чирпом в волокне с периодической дисперсией. Показано, что наличие чирпа существенно изменяет динамику расщепления импульсов и картину взаимодействия солитонов, распространяющихся в одном направлении. Использование чирпированных импульсов позволяет эффективно управлять действительной и мнимой частями дискретных спектральных параметров образовавшихся солитонов. В частности чирп может препятствовать распаду солитона в таких волокнах.  Показано, что в кольцевом волоконном резонаторе с непрерывной накачкой, включающего релеевское рассеяние, зеркало для слабой связи встречных волн, нелинейность и возможную частотную невзаимность встречных волн существуют сложные динамические режимы, анализ которых был впервые выполнен для этой системы с использованием аппарата вычисления ляпуновских показателей. Было показано существование хаотических, регулярных и периодических режимов. Так при малом уровне накачки и малом коэффициенте рассеяния наблюдался хаотический режим, при котором старший ляпуновский показатель был положительным. При больших коэффициентах рассеяния при малых накачках также наблюдается хаотический режим. Так как аппарат вычисления ляпуновских показателей в своей основе близок к методу исследования квантовых флуктуаций методами теории возмущений, то эти результаты будут основой для построения теории и расчета квантовых флуктуаций в таких типах лазеров. Такая нелинейная система может быть использоваться для построения генератора солитонных импульсов со стабильной частотой повторения, равной обратному времен обхода резонатора и в котором отсутствуют сложные элемента типа нелинейного вращателя поляризации или нелинейного поглотителя, и управление режимами производится путем простого изменения накачки. Такие же устройства на основе микрорезонаторов могут быть использованы для генераторов оптических гребенок для DWDM систем.  В рамках работы по подготовке экспериментальной установки для изучения запутанности солитонных импульсов были проведены расчеты параметров солитонных импульсов, необходимых для демонстрации эффекта распада и измерения запутанности. При использовании UOC Pritel , который генерирует импульсы длительностью в 1 пс с энергией 1 пДж, имеющегося в распоряжении научного коллектива необходим усилитель, который позволит довести энергию импульса по крайней мере до 8 пДж. Однако вследствие санкций приобретение такого усилителя, производимого также Pritel(США), стало невозможным. Поэтому рассматривалась возможность разработки и сборки такого усилителя своими силами или приобретение лазера и усилителя производства "Авеста проект"(Россия). Эта работа планируется на следующий год. | В ходе выполнения НИР было опубликовано 6 научных работ. |  |
|  | СГТУ-365 «Исследование особенностей воздействия электромагнитных полей СВЧ диапазона на микрофлору биомедицинских объектов и разработка компактной переносной аппаратуры, обеспечивающей сверхбыструю деконтаминацию облучаемых объектов в широких областях практического и научного применения» | **Байбурин В.Б.**  д.ф.-м.н., проф.  каф. ИБС | 1. Предложена математическая трехмерная численная модель магнетрона на частоте излучения 300 ГГц (длина волны 1 мм). С выходной импульсной мощностью 3.28 кВт и КПД 7%. Модель основана на гипотезе П.Л. Капицы о возможности генерирования в коаксиальном резонаторе и отличается тем, что в ней отсутствует многорезонаторная анодная структура, изготовление которой и приводит к непреодолимым технологическим трудностям (так называемому терагерцовому «провалу»). Дана рекомендации по дальнейшему увеличению частоты генерации.  Представлена стерилизационная установка с магнетроном дециметрового диапазона (2.45±0.05 ГГц), работающая в импульсном режиме излучения с регулируемой мощностью 0.1…10 кВт. Проведенные исследования показали эффективность и перспективность воздействия СВЧ излучения с цель уничтожения патогенной микрофлоры пищевых материалов.  Показана возможность увеличения мощности магнетрона до 1.5 кВт в непрерывном режиме. Примененная в работе численная математическая модель основана на методе крупных частиц и совместном решении системы дифференциальных уравнений, уравнений движения, Лапласа, Пуассона, волновых уравнений.  Для расчета АЧХ крестообразных структур фильтрации электромагнитного излучения вблизи резонанса Фано была построена математическая модель на методе эквивалентных схем, позволяющая с высокой точностью проводить аналитический расчет данных систем.  2. Разработана многофункциональная экспериментальная установка, обеспечивающая различные режимы стерилизационной обработки в дециметровом диапазоне: импульсный (мощность в импульсе 0.1…10 кВт, длительность импульсов 0.1…1.5 мкс, частота следования 0.1…5 кГц) непрерывный (мощность 0.6…1 кВт), дискретно-непрерывный (мощность 0.6…1кВт с интервалами генерирования и «молчания» в десятки секунд).  3. Разработаны контейнеры из жаропрочного стекла с надежно закрывающейся крышкой на защелках и открытого типа  4. Разработана методика контаминации и микробиологического анализа результатов стерилизационной обработки. Медицинские инструменты, используемые в эксперименте, подвергались искусственной контаминации бактериальной взвеси эталонного штамма B. Subtilis. Взвесь готовилась из суточной культуры по стандарту мутности 5\*108 КОЕ/мл и помещалась в холодовые условия для активации спорообразования. Через сутки контроль спорообразования осуществлялся с помощью иммерсионной микроскопии мазков-препаратов, окрашенных по методу Грама и Клейна, после чего мерными ватными тампонами взвесь наносилась на инструменты.  Хирургические инструменты помещались в специальных термостойких стеклянных сосудах с крышкой, наполненных жидкостью. Жидкость обеспечивает СВЧ-нагрев металлических инструментов без существенных разрядов, возникающих в связи с большой напряженностью и неравномерностью электромагнитного поля.  Использование обычных стеклянных сосудов при стерилизации нецелесообразно, поскольку через 10-20 циклов стерилизации они приходят в негодность.  Контроль СВЧ-стерилизации осуществлялся путем взятия смывов с инструментов после окончания экспериментов с соблюдением условий стерильности и посевами на мясо-пептонный агар.  5. Разработана методика экспериментальных исследований процессов деконтаминации при воздействии СВЧ-излучения. Например, в случае медицинских инструментов, комплектовался типичный набор инструментов, требующийся для хирургической операций, включающий крючки для ран, носорасширитель, хирургические ножницы, скальпель, кусачки, пеан, алмазный диск, ложка Фолькмана, инъекционная игла и др. Далее инструменты инфицировались, в том числе, стойкими споровыми бактериями. После этого инструменты помещались в специальный жаропрочный контейнер с жидкостью (H20) при комнатной температуре с различными добавками в каждом режиме: виркон, бриллиантовая зелень (0.001%), фурацилин (0.1-0.2%), соль NaCl (1-12 мг). Наилучшие результаты со временем обработки 5-8 минут в режиме непрерывного излучения без побочных эффектов (появление слоя краски, коррозии и др.) были получены с добавкой NaCl.  При обработке пищевых материалов в режиме импульсного воздействия после хранения в течение 28 суток было установлено отсутствие кишечной палочки, сальмонеллы, было зафиксировано значительное сокращение популяции колониеобразующих единиц жизнеспособных организмов. В итоге эти результаты открывают возможность существенного увеличения сроков хранения пищевого сырья. | В ходе выполнения НИР было опубликовано научные работы. |  |