



**ДОКЛАД
О ВАЖНЕЙШИХ
НАУЧНЫХ ДОСТИЖЕНИЯХ
РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ
В 2023 ГОДУ**

Том II

Материалы ВУЗов, ГНЦ и НИЦ РФ,
научных и образовательных организаций
новых субъектов Российской Федерации
и ПАО «Сбербанк»

МОСКВА 2024

УДК 001

ББК 72

Д 63

ISBN 978-5-907645-19-6

© Российская академия наук, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Важнейшие научные достижения, полученные в вузовском секторе науки.....	7
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова.....	7
Санкт-Петербургский государственный университет.....	8
Сибирский федеральный университет.....	12
Дальневосточный федеральный университет.....	13
Казанский (Приволжский) федеральный университет.....	13
Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова.....	14
Северо-Кавказский федеральный университет.....	16
Южный федеральный университет.....	17
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики».....	20
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана.....	22
Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет).....	24
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского.....	26
Пермский национальный исследовательский политехнический университет.....	27
Самарский национальный исследовательский университет. имени академика С.П. Королева.....	29
Санкт-Петербургский горный университет.....	32
Национальный исследовательский университет ИТМО.....	39
Национальный исследовательский Томский политехнический университет.....	40
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».....	42
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС».....	44
Белгородский государственный национальный исследовательский университет.....	45
Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева.....	47
Национальный исследовательский университет «МИЭТ».....	48

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.....	49
Национальный исследовательский университет «МЭИ».....	51
Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова.....	55
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.....	56
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина).....	60
Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского.....	62
Севастопольский государственный университет.....	63
Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова.....	65
Российский университет медицины Министерства здравоохранения Российской Федерации.....	69
Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова Министерства здравоохранения Российской Федерации.....	73
Уральский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации.....	77
Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова.....	81
Фундаментальные исследования в государственных научных центрах и государственных корпорациях Российской Федерации.....	96
Федеральное государственное унитарное предприятие "Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского" (ЦАГИ).....	96
Акционерное общество "Государственный научный центр Российской Федерации - Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского".....	102
Федеральное автономное учреждение "Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем" (НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»).....	103
Акционерное общество "Государственный научный центр - Научно-исследовательский институт атомных реакторов".....	107
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт»..	108
Федеральное государственное автономное научное учреждение "Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики" (ЦНИИ РТК).....	110

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Научно- производственный комплекс "Технологический центр"	115
Акционерное общество "Центр технологии судостроения и судоремонта"	119
Акционерное общество "НПО "Орион"	121
Федеральное государственное унитарное предприятие Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно- исследовательский автомобильный и автотормозной институт "НАМИ"	125
Акционерное общество «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения.....	128
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр «Институт иммунологии» Федерального медико-биологического агентства.....	129
Акционерное общество "Государственный Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт химии и технологии элементоорганических соединений"	130
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации».....	131
Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений"	132
Акционерное общество Государственный научный центр Российской Федерации "Исследовательский центр имени М.В. Келдыша"	134
Федеральное автономное учреждение «Сибирский научно- исследовательский институт авиации имени С. А. Чаплыгина» (предприятие НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»).....	144
Акционерное общество "Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций" (предприятие госкорпорации «Росатом»).....	148
Федеральное государственное унитарное предприятие Российский федеральный ядерный центр Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (предприятие госкорпорации «Росатом»)....	148
Важнейшие результаты научных и образовательных организаций новых субъектов Российской Федерации за 2023 г.....	154
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР.....	154

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко», г. Донецк, ДНР.....	156
Луганский государственный университет имени Владимира Даля, г. Луганск, ЛНР.....	156
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Донецкий ботанический сад», г. Донецк, ДНР.....	157
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт физики горных процессов», г. Донецк, ДНР.....	158
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела», г. Донецк, ДНР.....	159
Важнейшие научные достижения, полученные в ПАО «Сбербанк»...	161

ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ В ВУЗОВСКОМ СЕКТОРЕ НАУКИ

Российская академия наук в соответствии с Федеральным законом от 27.09.2013 № 253-ФЗ запросила сведения о выполненных в 2023 году фундаментальных исследованиях в 56-ти ведущих вузах страны.

51 ВУЗ представил 302 наиболее значимых научных достижения. Анализ, проведенный в отделениях РАН по областям и направлениям науки, показал, что значительное число полученных научных результатов вузов соответствует мировому уровню. Ниже приводятся некоторые из них.

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. М.В. ЛОМОНОСОВА

Первый галактический микроквazar SS433 – «загадка века»: открытие эволюционного увеличения орбитального периода и выяснение природы объекта

По результатам спектральных и фотометрических наблюдений на новом 2.5- м телескопе Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ имени М.В. Ломоносова и многолетнего мониторинга обнаружено эволюционное увеличение орбитального периода галактического микроквзара SS433 - двойной системы с релятивистскими джетами и сверхкритическим аккреционным диском вокруг компактного объекта. Увеличение орбитального периода в SS433 означает, что расстояние между компонентами двойной системы возрастает со временем то есть, вопреки теоретическим предсказаниям, она эволюционирует как полуразделенная, а не в общей оболочке. Полученный результат имеет значение для широкого класса галактических микроквзаров с черными дырами и ультраярких рентгеновских источников со сверхкритическими аккреционными дисками.

Организация: ГАИШ МГУ имени М.В. Ломоносова.

Авторы: академик РАН А.М. Черепашук А.М., Белинский А.А., Додин А.В., член-корреспондент РАН Постнов К.А.

Публикация:

Chereshashchuk A.M., Belinski A.A., Dodin A.V., Postnov K.A. Evolutionary increase of the orbital separation and change of the Roche lobe size in SS433. 2023, *New Astronomy*, V103, article id. 102060.

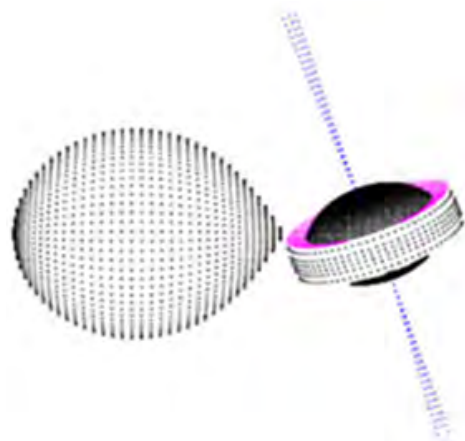


Рис. 1. Компьютерная модель SS433 со сверхкритическим прецессирующим аккреционным диском и релятивистскими джетами

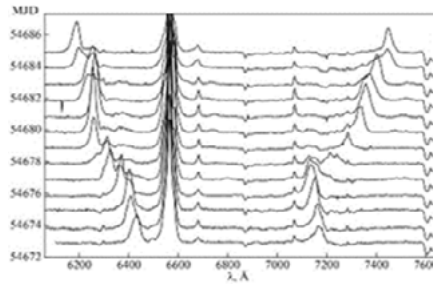


Рис. 2. Спектры SS433, полученные на 2.5-м телескопе КГО ГАИШ МГУ. Видны подвижные эмиссионные линии водорода формирующиеся в пресессирующих релятивистских джетах

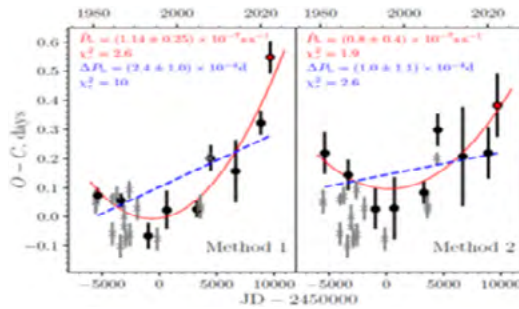


Рис. 3. График остаточных отклонений в моментах затмений SS433, которые свидетельствуют об увеличении орбитального периода двойной системы. Это позволило выяснить природу SS433 и определить массу черной дыры

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

1. Анализ устойчивости механических систем с существенно нелинейными позиционными силами при наличии распределенного запаздывания

Изучалось поведение механических систем управления, находящихся под действием позиционных сил, существенно нелинейным образом зависящих от обобщенных координат и, содержащих слагаемые с распределенным запаздыванием, а также от сил, линейным образом зависящих от обобщенных скоростей

$$A\ddot{q}(t) + B\dot{q}(t) + Q(q(t)) + \int_{t-\tau}^t D(q(\xi))d\xi = 0,$$

Распределенное запаздывание, введенное в систему управления в качестве интегральной части ПИД-регулятора, позволяет, как показано в выполненном исследовании, существенно улучшить характеристики переходных процессов.

Новизна исследования проявляется как в постановке задачи, так и в подходах к ее решению. С использованием специальных конструкций функционалов Ляпунова–Красовского полного типа и метода декомпозиции доказаны две теоремы об

устойчивости положений равновесия указанных механических систем, а также теорема о стабилизации оси твердого тела в пространстве с помощью нелинейного по позиционным силам управления с распределенным запаздыванием.

Показано, что в отличие от случая линейных позиционных сил, для асимптотической устойчивости системы с существенно нелинейными позиционными силами не требуется наличия большого параметра при скоростных силах, причем условия асимптотической устойчивости формулируются в очень простой и конструктивной форме. В силу своей новизны этот результат имеет существенную общетеоретическую значимость.

Одна из доказанных теорем непосредственно относится к актуальной задаче одноосной стабилизации твердого тела (ИСЗ, летательные космические аппараты, управляемые ракеты, снаряды, самолеты, беспилотники воздушные, водные и подводные).

В целом, доказанные результаты позволяют усовершенствовать системы управления, сделать их более робастными и в то же время обеспечить значительно более высокую гладкость переходных процессов, что может быть весьма актуально для стабилизации высокоточных или недостаточно жестких механических устройств, для которых неприемлемы или нежелательны вибрации, порождаемые самими системами управления. Существенное ослабление требований к скоростным силам актуально в первую очередь для задач управления (стабилизации, наведения, слежения) космическими аппаратами, для которых создание диссипативных моментов в условиях космоса является известной самостоятельной проблемой, требующей специальных технических решений.

Авторы СПбГУ: Александров А.Ю., Тихонов А.А. совместно с Институтом проблем машиноведения РАН.

Публикация:

Александров А.Ю., Тихонов А.А. Анализ устойчивости механических систем с существенно нелинейными позиционными силами при наличии распределенного запаздывания // Автоматика и телемеханика. 2023. № 1. С. 3-22.

2. Оценка функционального состояния и жизнеспособности биологических тканей во время малоинвазивной хирургии

Объективная оценка функционального состояния и жизнеспособности биологических тканей во время малоинвазивной хирургии остается нерешенной задачей. В литературе обсуждаются бесконтактные методы оценки перфузии во время лапароскопической хирургии, но до сих пор не было сообщений об их применении в клинических условиях.

Визуализирующая фотоплетизмография (iPPG), улучшенная благодаря корреляционной обработке видеоданных, синхронно записанных с ЭКГ, может быть легко объединена со стандартным лапароскопом, что позволяет проводить внутрибрюшную визуализацию и количественную оценку распределения перфузии. Это новая технология, которая обладает большим потенциалом для клинического применения в малоинвазивной хирургии. Наше текущее исследование является важным шагом на пути к клиническому внедрению визуализирующей фотоплетизмографии (iPPG) для малоинвазивной хирургии.

Лапароскопическая хирургия обладает низкой инвазивностью и значительно сокращает время последующего восстановления пациента. Интраоперационная оценка перфузии кишечника играет первостепенную роль в принятии хирургических решений при выполнении реконструктивных резекций кишечника. Если бы перфузию можно было контролировать и количественно оценивать на лапароскопическом этапе операции, хирург мог бы изменить схему реконструкции на самой ранней стадии. Однако при проведении стандартной лапароскопии объективная интраоперационная оценка функционального состояния и жизнеспособности биологических тканей остается нерешенной задачей.

Целью исследования была разработка лапароскопа на основе iPPG и демонстрация в реальных клинических условиях его возможности для визуализации и количественной оценки распределения перфузии по органам или тканям внутри брюшной полости во время различных малоинвазивных операций, связанных с онкологической резекцией.

Основным преимуществом разработанной лапароскопической системы является возможность легко и непрерывно получать новые количественные изображения во время операции, отражающие распределение перфузии по органам. Следует особо подчеркнуть, что система позволяет проводить количественную оценку градиента перфузии внутри брюшной полости в сложных условиях, когда различные участки органов смещены как относительно друг друга в произвольных направлениях, так и относительно входного зрачка лапароскопа.

Пространственное распределение перфузии и ее изменения во времени были успешно измерены во всех хирургических случаях. В частности, градиент перфузии кишечника перед резекцией был визуализирован и количественно оценен нашим методом во всех случаях.

Наше исследование, проведенное в реальных клинических условиях, показало, что визуализирующая фото-

плетизмография (iPPG) применима для внутрибрюшной визуализации и количественной оценки распределения перфузии.

Авторы СПбГУ: проф. Кашченко В.А., доц. Лодыгин А.В. совместно с Институтом автоматизации и процессов управления ДВО РАН.

Публикация:

Victor A. Kashchenko, Alexander V. Lodygin, Konstantin Yu. Krasnoselsky, Valeriy V. Zaytsev & Alexei A. Kamshilin. Intra-abdominal laparoscopic assessment of organs perfusion using imaging photoplethysmography. *Surgical Endoscopy*. 2023. Volume 37, pages 8919–8929 (2023). doi.org/10.1007/s00464-023-10506-y

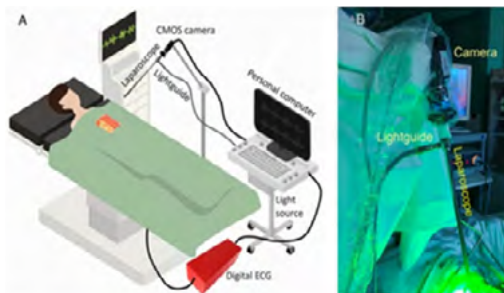


Рис. 4. Система фотоплетизмографической лапароскопии: А–Схема системы, состоящей из пяти основных подсистем: жесткого лапароскопа, цифровой камеры с дополнительной матрицей металл–оксид–полупроводник (CMOS), источника света, цифрового электрокардиографа (ЭКГ) и персонального компьютера для сбора, обработки и отображения результатов. В– Фотография системы незадолго до проведения внутрибрюшного измерения.

3. Новый подход к определению возраста постседиментационных процессов: U–Th/He датирование эпигенетического пирита (Рис. 5)

Процессы, происходящие в толще осадков после их образования, отвечают за формирование широко спектра месторождений полезных ископаемых, включая такие как нефть и газ. Определение времени образования, миграции и накопления углеводородов в осадочном бассейне является важным поисковым критерием для обнаружения новых залежей, но прямые возрастные оценки достаточно сложно получить существующими методами в виду отсутствия подходящих минералов-геохронометров.

Пирит является распространенным минералом в богатых органическим веществом осадочных породах. В нефтеносных бассейнах его образование связывают с непосредственно осадкообразованием, созреванием и миграцией углеводородов, и другими постакумуляционными изменениями. Недавние исследования сохранности радиогенного гелия в пирите позволяют рассматривать этот минерал как U-Th/He геохронометр.

Баженовская свита Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна является одной из самых крупных нефтематеринских пород в мире. В верхней части ее разреза достаточно часто встречаются крупные зерна эпигенетического пирита. Нами впервые были получены оценки времени его формирования. Полученные данные указывают, что в пределах Фроловской мегавпадины, крупные зерна пирита образовались на 55–60 млн лет позже осадконакопления. Это является первым документальным свидетельством наличия миграции палеофлюидов в этой части осадочного разреза порядка 90 млн лет назад. Геологическую причину проявления этой гидротермальной активности еще предстоит выяснить.

Главным же результатом этого исследования на данный момент является то, что на примере эпигенетического пирита из пород баженовской свиты показана принципиальная возможность U-Th/He датирования постседиментационных процессов.

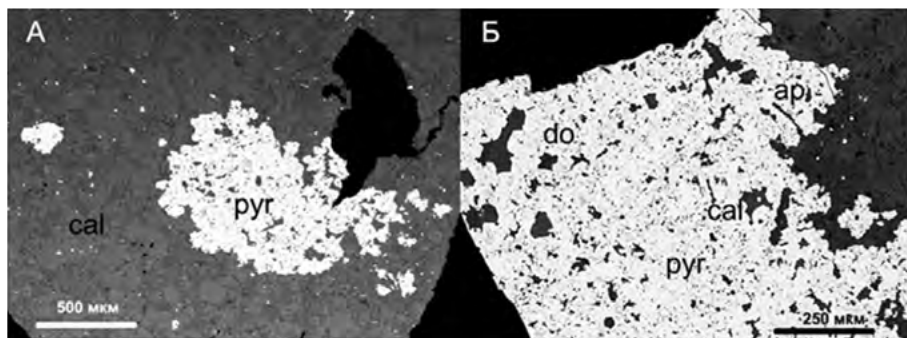


Рис.5. Электронная микрофотография эпигенетического пирита из баженовской свиты (А)общий вид; (Б) увеличенное изображение (РЦ «Геомодель»)

Авторы от СПбГУ: Якубович О.В., Васильева Н.А., Васильева К.Ю. в сотрудничестве с Институтом геологии и геохронологии докембрия РАН и Институтом геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН.

Публикации:

Статья: О.В. Якубович, Н.А. Васильева, К.Ю. Васильева, М.О. Аносова, А.Б. Котов, М.М. Подольская, Б.М. Гороховский. Первые результаты U–Th/He-датирования эпигенетического пирита из пород баженовской свиты, Западная Сибирь// Доклады Российской Академии Наук. Науки о Земле (2023), 513, № 1, с. 77–82
<https://doi.org/10.31857/S2686739723601047>

СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Научные основы экономического механизма улучшения качества атмосферного воздуха в г. Красноярск в условиях регулярно наблюдаемых периодов неблагоприятных метеорологических условий

Дан комплексный эколого-экономический анализ вариантов сокращения выбросов загрязняющих атмосферу веществ для г. Красноярск, входящего в число российских городов с наиболее неблагоприятной экологической обстановкой. Проведенные расчеты показывают, что несмотря на высокие капитальные затраты, варианты газификации региона (Рис. 6) на основе расширения существующей магистральной инфраструктуры транспортировки топлива могут быть рентабельны даже в стоимостном выражении. Если же дополнить данные оценки результатами анализа потерь здоровья и жизни населения из-за токсического воздействия продуктов сгорания угля, необходимость практической реализации рассматриваемых инициатив становится очевидной. Данный проект является необходимым, но долгосрочным и капиталоемким. Кроме того, он не решает проблему выбросов загрязняющих веществ в приземном слое, за которую ответственны малые автономные источники теплоснабжения в частных домах и на небольших предприятиях. Результаты выполненного анализа вариантов перевода таких устройств на применение безугольного топлива показывают, что данные меры реализуемы в краткосрочной перспективе, а затраты на них измеряются суммами, которые

под силу даже городскому бюджету без привлечения других институтов поддержки инфраструктурных проектов.

Авторы: А.И. Пыжев, А.В. Верхотуров, Е.А. Сырцова, Е.Д. Иванцова, А.С. Миськив

Публикация:

Верхотуров А. В., Пыжев А. И. Варианты газификации Красноярского края: поиск эколого-экономического баланса // Журнал «ЭКО». 2023. Т. 53. № 11. С. 43—63. DOI:10.30680/ЕСО0131-7652-2023-11-43-63



Рис. 6. Варианты трассировки газопроводов для четырех рассмотренных сценариев газификации Красноярского края

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Система поддержки принятия врачебных решений “Телесфор”

Разработана система поддержки принятия врачебных решений (СППВР) Телесфор, которая помогает врачам в диагностике и прогнозировании развития сердечно-сосудистых заболеваний и их осложнений. СППВР Телесфор интегрирует методы машинного обучения, интеллектуальных баз знаний и объяснимого искусственного интеллекта. Первые на основе методов машинного обучения обеспечивают прогностические и диагностические модели. Вторые представляют собой формализованные правила, применение которых к медицинским данным и результатам прогностических моделей обеспечивают выводы, помогающие врачу принимать решения при диагностике и оценке прогноза развития заболевания. Третьи помогают извлекать эти правила из данных и прогностических моделей. СППВР Телесфор являясь самостоятельным решением, может интегрироваться с медицинскими информационными системами. Реализованная версия СППВР Телесфор встроена в рабочее место врача 1С МИС Больница. К ее основным функциям относятся: оценка предетестовой вероятности обструктивного поражения коронарных артерий, прогнозы 10-летней летальности от сердечно-сосудистых заболеваний, внутригоспитальной смертности и развития фибрилляций предсердия после операций коронарного шунтирования и чрескожного коронарного вмешательства.

Авторы: Шахгельдян К.И., Гельцер Б.И., Грибова В.В., Шалфеева Е.А., Макарова К.Е., Кленин А.С., Гузь В.В., Игнатьев В.В., Костерин В.В., Ковалев Р.И., Куксин Н.С., Здорнов О.В., Щеглов Б.О.

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023662121, 06.06.2023. Заявка № 2023660244 от 17.05.2023.

КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Новые полимерные материалы и композиты на их основе

Разработаны новые полимеры на основе бензоксазинов и коммерческих олигомеров (эпоксидных смол, циановых эфиров), которые обладают упрощенным составом и повышенными прочностными свойствами. С применением твердых эпоксидных смол и бензоксазинов получены новые порошковые связующие, которые используются для электростатического нанесения на углеткань и последующего изготовления композиционных материалов методом термоформования.

Разработан способ получения и использования полимерного композиционного материала на основе термопластичного полимера с люминесцирующим компонентом в виде перовскитных квантовых точек. Особенностью разработанного композита является то, что образование люминесцирующих нанокристаллов происходит в момент экструзионной переработки полимера с добавками прекурсоров, что приводит к инкапсулированию частиц перовскитов в полимерную матрицу и защите их от атмосферного воздействия. Созданный полимерный композит может найти применение в производстве светодиодов, материалов для преобразова-

ния солнечного излучения в электричество, для производства сцинтилляционных экранов и дисплеев. Разработанный композит можно перерабатывать различными методами: экструзией, прессованием, литьем под давлением, методом 3D-печати с послойным наплавлением. Изображения полученных полимеров с разными квантовыми точками и изготовленных на их основе филаментов и напечатанных изделий при дневном и УФ-освещении приведены на фотографиях (Рис. 7).

Авторы: Антипин И.С., Амиров Р.Р., Амирова Л.М., Балькаев Д.А., Зимин К.С., Солодов А.Н., Димиев А.М.

Публикации:

Solodov A. N. High-throughput, low-cost and “green” production method for highly stable polypropylene/perovskite composites, applicable in 3D printing / A. N. Solodov, J. Shayimova, D. Balkaev, A. S. Nizamutdinov, K. Zimin, A. G. Kiiamov, R. R. Amirov, A. M. Dimiev // Additive Manufacturing. – 2022. – V. 59, Part A. Art. N 103094, (Q1, IF 11.632). <https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.103094>

Полученные РИД:

Патент Российской Федерации № 2792592. Состав и способ получения связующего на основе эпоксидно-бензоксазиновой композиции / Амирова Л.М., Антипин И.С., Шумилова Т.А., Андрианова К.А., Зимин К.С., Амиров Р.Р.

Патент Российской Федерации № 2797593. Циан-бензоксазиновая композиция с пониженной температурой отверждения и способ ее получения / Андрианова К.А., Амирова Л.М., Зимин К.С., Антипин И.С., Амиров Р.Р.

Патент Российской Федерации № 2803307. Полимерный композитный материал с перовскитными квантовыми точками, способ его получения и способ использования в 3D-печати / Солодов А.Н., Зимин К.С., Амиров Р.Р., Димиев А.М.

НОУ-ХАУ № 120/08/2023 Состав и способ получения бесфторной лыжной смазки / Амирова Л.М., Хисматуллин А.А., Балькаев Д.А., Амиров Р.Р.



Рис. 7. Изображения полученных полимеров с разными квантовыми точками и изготовленных на их основе филаментов и напечатанных изделий при дневном и УФ-освещении

СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.К. АММОСОВА

Комбинированная стерилизация костных имплантов

Получены результаты комплексного изучения закономерностей структурных и функциональных изменений образцов костной ткани после комбинированной (озон+радиационная) стерилизации. В исследовании использованы различные подходы к процессу стерилизации с селективным озоновым или радиационным

воздействием и интегральный, комбинированный, основанном на комбинированной озono-кислородной обработке образцов костей на первом этапе и облучении на втором. Показано, что воздействие озона, применяемое на первом этапе комбинированной стерилизации костных имплантатов, не приводит к негативным последствиям с точки зрения их свойств и характеристик.

Новизна: Удалось значительно снизить дозу радиационного облучения используя озоную стилизацию с 25к Гр до 12к Гр, при этом получили уменьшение структурных и функциональных изменений поверхности костного имплантата, обеспечивая достаточный уровень стерилизации.

Значимость: Полученные результаты послужат научной и методической основой для дальнейшего совершенствования и оптимизации технологий стерилизации (в том числе комбинированной). Также комплексно обоснованы параметры режимов стерилизации, обеспечивающих безопасность использования костных имплантатов при реконструктивных операциях, минимизация структурных и функциональных изменений костного вещества, создание эффективных здоровьесберегающих технологий и возможность их использования для различных биомедицинских целей.

Автор: Николаева Н. А.

Публикация:

Nikolaeva N, Rozanov V, Chernyaev A, Matveychuk I, Makarova M. The Influence of Combined Sterilization Factors on the Structural and Functional Characteristics of Bone Implants. Int J Mol Sci. 2023 Sep 22;24(19):14426. doi: 10.3390/ijms241914426. PMID: 37833874; PMCID: PMC10573022. ISSN 14220067, 16616596 5.6 Current Impact Factor, Scopus Q1.

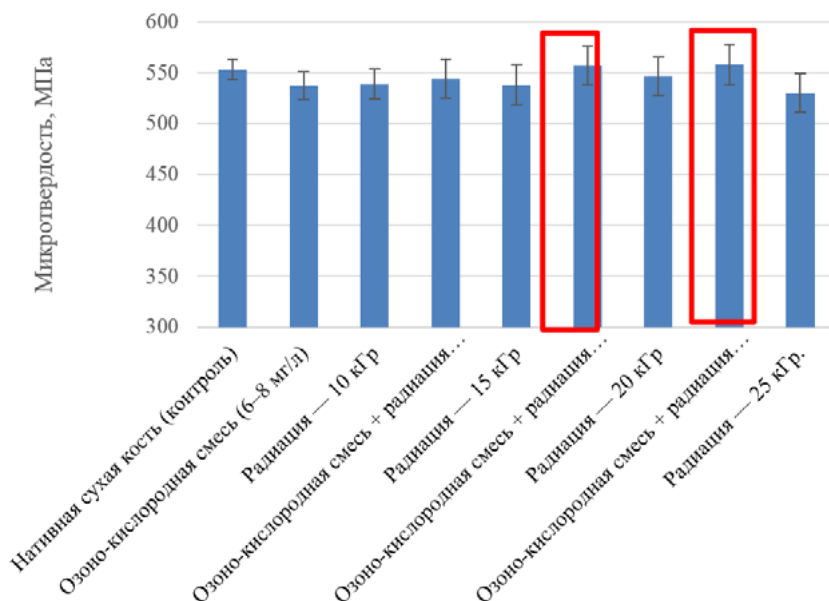


Рис. 8. Значение микротвердости поверхностного слоя костного фрагмента после различных видов стерилизующего воздействия

СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Обоснование технических решений по внедрению технологии синхронизированных измерений в распределительных электрических сетях

Описание результата: В настоящее время электроэнергетическая отрасль России осуществляет цифровой переход, важнейшим элементом которого является внедрение концепции интеллектуальной сети (Smart Grid), базирующейся на сочетании передовых электрических, информационных и телекоммуникационных технологий. В распределительных электрических сетях в рамках внедрения концепции Smart Grid осуществляется их оснащение интеллектуальными системами учета со стороны потребителей и поставщиков энергии, планируется переход к цифровым подстанциям, а также внедрение интегрированных SCADA/AMI/DMS/OEM/FM систем, так называемых ADMS (Advanced Distribution Management System), позволяющих повысить уровень наблюдаемости и управляемости электрическими сетями. Одним из перспективных технологических решений при создании цифровых подстанций и ADMS систем является применение технологии синхронизированных измерений. Целью НИОКТР является разработка технических, алгоритмических и программных решений в ADMS системах, направленных на снижение потерь энергии и повышение надежности распределительных сетей на базе применения технологии синхронизированных измерений (включая оптические трансформаторы тока), цифровых двойников, обработки больших данных. Значимость результатов проекта для электроэнергетики России определяется оптимизацией затрат на внедрение Smart Grid и повышением эффективности функционирования распределительных сетей благодаря снижению потерь и улучшению качества электроэнергии, минимизации перерывов в электроснабжении потребителей, а для экономики страны в целом – увеличением конкурентоспособности продукции предприятий за счет сдерживания темпов роста тарифов на электроэнергию, обеспечения требуемого уровня надежности и качества электроснабжения.

Значимость и прогноз применения: Настоящая работа посвящена разработке устройств и методик для внедрения концепции интеллектуальной энергетической системы (Smart Grid). Для этого предлагается оснащение распределительных сетей интеллектуальными приборами учета энергии, интеллектуальными электронными устройствами, оптическими трансформаторами тока и передвижными лабораториями для их обследования, а также интеграция SCADA/AMI/DMS/OEM/FM систем. На сегодняшний день разработан экспериментальный образец передвижной лаборатории для идентификации топологии и параметров распределительных электрических сетей на базе технологии синхронизированных измерений. Ожидаемыми результатами проекта являются: технические решения по реализации технологии синхронизированных измерений в распределительных электрических сетях (включая ОСТ), обеспечивающие повышение наблюдаемости и управляемости этими сетями.

Руководитель проекта: Кононов Ю.Г., д.т.н. профессор, заведующий кафедрой автоматизированных электроэнергетических систем и электроснабжения инженерного факультета

ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

1. Физические принципы создания и конструкции устройств нанопьезотроники (наногенераторов и элементов энергонезависимой памяти) на основе легированных азотом углеродных нанотрубок.

Установлены закономерности влияния режимов роста легированных азотом углеродных нанотрубок (N-УНТ) на их пьезоэлектрические свойства (Рис. 9); показан эффект формирования потенциального барьера на границах бамбукообразных «перемычек» с боковой стенкой N-УНТ, величиной и знаком которого можно управлять путем выбора типа и величины деформации, что позволяет не только преобразовывать механические воздействия на N-УНТ в электрическую энергию, но и накапливать заряд, сформированный в процессе внешнего воздействия на N-УНТ; разработаны конструкции и технологические маршруты изготовления пьезоэлектрических наногенераторов и элементов энергонезависимой памяти на основе N-УНТ (Рис. 9).

Новизна: Установлен механизм аномального пьезоэлектрического эффекта в N-УНТ, связанный с асимметричным перераспределением плотности электронов в искривленной графеновой плоскости бамбукообразных «перемычек», образующихся в результате встраивания азота пиррольного типа в структуру нанотрубки; показана возможность контролируемой модификации пьезоэлектрических свойств углеродных нанотрубок путем встраивания азота пиррольного типа в процессе роста; установлен механизм многоуровневого резистивного переключения в деформированной N-УНТ под действием внешнего электрического поля.

Значимость: Разработаны физико-технологические основы создания устройств нанопьезотроники на основе N-УНТ и показана их работоспособность на примере макетов пьезоэлектрического наногенератора и элемента энергонезависимой памяти.

Прогноз применения: Полученные результаты показывают высокую перспективность применения N-УНТ для разработки автономных маломощных источников питания, высокочувствительных сенсоров деформации и энергонезависимых элементов памяти.

Авторы: Ильина М.В., Соболева О.И., Ильин О.И.

Публикации:

Il'ina M.V., Soboleva O.I., Khubezov S.A., Smirnov V.A., Il'in O.I. // J. Low Power Electron. Appl. 2023, V. 13, № 1. P. 11.

Ильина М.В., Рудык Н.Н., Соболева О.И., Польшвианова М.Р., Хубежов С.А., Ильин О.И. // ЖТФ, 2023, том 93, вып. 7, с. 936 – 942.

Ильина М.В., Соболева О.И., Польшвианова М.Р., Селиванова Д.И., Хубежов С.А., Ильин О.И. // Известия РАН. Серия физическая. 2023, Т. 87, №. 10, с. 1397–1403.

Ильина М.В., Соболева О.И., Польшвианова М.Р., Хубежов С.А., Ильин О.И. // Российские нанотехнологии, 2023, Т. 18, № 6.

Il'ina M.V., Khubezov S.A., Polyvianova M.R., Il'in O.I., Dedkov Y., // Quantum Beam Sci. 2023, 7(3), 25.

Ильина М.В., Соболева О.И., Ильин О.И., Польшвианова М.Р. Патент Российской Федерации на полезную модель №221988 от 12.10.2023 г.

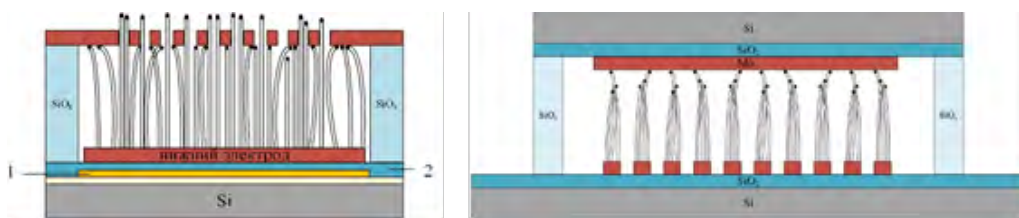


Рис. 9. Разработанные конструкции наногенератора, где 1 – скрытый электрод; 2 – диэлектрический слой, (слева) и элемента памяти (справа) на основе N-УНТ

2. Методика контроля кинетики фазовых превращений при жидкофазном синтезе наночастиц металлов и нанесенных металл-углеродных материалов в технологических средах.

Апробированы оригинальные методы контроля процессов нуклеации/роста металлических наночастиц в условиях жидкофазного синтеза в технологических средах.

Новизна: Методика состоит в возможности контроля кинетики фазообразования в процессе жидкофазного синтеза наночастиц посредством *in situ* изменения интенсивности компонент-окраски и редокс-потенциала технологических сред.

Значимость: Контроль за кинетикой образования наночастиц облегчает управление микроструктурой наночастиц (размер, размерное распределение) и содержащих их нанесенных наноструктурных материалов.

Прогноз применения: Управление и контроль за широким спектром технологических процессов, связанных с жидкофазным синтезом наночастиц и содержащих их материалов.

Авторы: Даниленко М.В., Гутерман В.Е., Новомлинский И.Н., Алексеенко А.А., Паперж К.О., Герасимова И.А. и др.

Публикации:

Danilenko, M.V., Guterman, V.E., Novomlinskiy, I.N., Pankov I.V., The effect of a gas atmosphere on the formation of colloidal platinum nanoparticles in liquid phase synthesis. *Colloid Polym Sci*, 2023, vol. 301, pp. 433–443. <https://doi.org/10.1007/s00396-023-05077-2>

3. Методика ускоренного и ресурсоэкономного создания в жидкой фазе материалов с требуемыми характеристиками на основе технологий микрофлюидики под управлением искусственного интеллекта

Подбор технологических параметров синтеза материала происходит в самоуправляемой компьютером (на основе технологии машинного обучения) установке в оптимизированном для каждого типа реакции синтеза микрофлюидном чипе (рис. 10), который обеспечивает кроме того и существенно более высокую скорость перемешивания реактивов, что позволяет ресурсоэкономно осуществлять подбор оптимальных параметров синтеза без присутствия человека.

Новизна: Методика синергетически объединяет в себе сразу несколько современных технологий. Микрофлюидный потоковый синтез в тонких капиллярных каналах позволяет расходовать в сотни раз меньше исходных реактивов в процессе оптимизации параметров синтеза. Управление процессом синтеза без привлечения человека-оператора через компьютер на основе технологий искусственного интеллекта (машинного обучения) позволяет вести работы в режиме 24/7, а постоянная запись цифрового следа процессов синтеза позволяет практически бесшовно передавать набор параметров оптимальной реакции синтеза в микротоннажное производство.

Значимость: Широкое внедрение разработанной методики позволит в кратчайшие сроки разрабатывать и передавать в производство широкий класс стратегически важных для обеспечения технологической независимости Российской Федерации материалов.

Прогноз применения: Созданная технология уже позволила получить целый ряд практически важных материалов, включая рентгено-нано-люминофоры для рентгеновской фотодинамической терапии, супер-парамагнитные наночастицы на основе оксидов железа (SPION) для тераностики в онкологии, уникальные нанопористые металоорганические каркасные структуры (MOF), обладающие рекордными показателями сорбции вредных веществ, а также производные берберинов, имеющие высокую противовирусную активность.

В настоящее время в России производится всего несколько процентов стратегически важных реактивов и других перспективных материалов, поэтому можно с уверенностью прогнозировать широкое применение разработанной методики в самом ближайшем будущем.

Авторы: Гуда А.А., Солдатов М.А., Чапек С.В., Александров А.А., Медведев П.В., Загребаев А.Д., Солдатов А.В.

Публикации:

High-Quality In Situ X-ray Absorption Spectroscopy Monitoring of the Palladium Nucleation inside the 3D Printed Microfluidic Chip, A.V. Dobrovolskaya, S.V. Chapek, O.A. Usoltsev, E. Naranov, D.N. Gorbunov, A.L. Trigub, A. L. Maximov, A.V. Soldatov, and A.L. Bugaev, The Journal of Physical Chemistry C 2023 127 (42), 20727-20733

Investigation of Rh/NR3 catalytic systems in sequential stages of reductive hydroformylation engaging in situ X-ray absorption spectroscopy, D.N. Gorbunov a, M.V. Nenasheva a, I.A. Baravoi a, A.A. Guda b, V.G. Vlasenko, A.L. Trigub, V.V. Shapovalov, A.D. Zagrebaev, B.O. Protsenko, A.V. Soldatov, E.R. Naranov, A.L. Maximov, Journal of Catalysis, v428 (December 2023) 115194.

3D printed cell for the in situ dynamic light scattering monitoring of nanoparticle size distribution in microfluidics, P. Rud, S. Chapek, P. Medvedev, O. Polozhentsev, S. Soldatov, A. Bagliy, A.A. Guda, A. Soldatov, M. Soldatov, Microchemical Journal 196 (2024) 109659.

3D-printed microfluidic system for the in situ diagnostics and screening of nanoparticles synthesis parameters, V.V. Shapovalov, S.V. Chapek, A.A. Tereshchenko, A.N. Bulgakov, A.P. Bagliy, V.V. Volkov, P.V. Konarev, M.A. Soldatov, S.A. Soldatov, A.A. Guda, A.V. Soldatov, Micro and Nano Engineering, 20 (2023) 100224



Рис. 10. Разработанная в ЮФУ самоуправляемая система для ускоренной разработки материалов и набор специализированных микрофлюидных чипов

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

1. Развитие отдельных высокотехнологичных направлений: 2023. Белая книга.

Основные результаты исследования в 2023 г. представлены в информационно-аналитической публикации «Развитие отдельных высокотехнологичных направлений: 2023. Белая книга». Второе издание Белой книги подготовлено НИУ ВШЭ и Минэкономразвития России совместно с компаниями-лидерами (ПАО «Сбербанк», Госкорпорацией «Росатом», Госкорпорацией «Ростех», ПАО «Ростелеком», ПАО «Россети», ОАО «РЖД», ПАО «Газпром»), профильными министерствами (Минобрнауки России, Минцифры России, Минпромторгом России, Минэкономразвития России, Минэнерго России), экспертными организациями (Сколковским институтом науки и технологий, центрами компетенций Национальной технологической инициативы и Платформы НТИ), профильными институтами РАН.

В докладе проанализированы 11 высокотехнологичных направлений: искусственный интеллект, квантовые вычисления, квантовые коммуникации, новое промышленное программное обеспечение (новые производственные технологии, Интернет вещей, технологии распределенных реестров), современные и перспективные сети мобильной связи, технологии передачи электроэнергии и распределенных интеллектуальных энергосистем, системы накопления электроэнергии, развитие водородной энергетики, технологии новых материалов и веществ.

Новизна исследования заключается в реализации единого подхода к изучению технологических и экономических аспектов развития высокотехнологичных направлений на основе единой методологии, сочетающей количественные и экспертные (качественные) источники данных. Был разработан унифицированный подход, предусматривающий оценку публикационной и патентной активности в разрезе действующих классификаторов технологий. В данной работе приняли участие ведущие российские специалисты, прежде всего представители компаний-лидеров и экспертных организаций по соответствующим направлениям.

Выявлено, что ведущие страны делают ставку на передовые разработки и новые принципы решения технологических задач, которые пока еще не достигли рыночной зрелости (водородная энергетика, накопители электроэнергии), но

и укрепляют позиции по сквозным технологиям на стыке физических и киберсистем (Интернет вещей, технологии новых материалов и веществ и др.).

Россия по шести направлениям из одиннадцати входит в первую десятку стран по количеству научных публикаций и патентных заявок. Наиболее высокие позиции российских исследований среди стран-лидеров отмечаются по разработкам в области электроэнергетики, новых материалов и веществ, а также квантовых технологий.

Также по каждому направлению представлены особенности развития направлений в новых условиях, тренды развития в мире и России, анализ продуктов и оценки спроса на них, описания сложившейся экосистемы и кадрового потенциала, отвечающих задачам разработки и внедрения технологических решений, предложения по мерам государственной поддержки.

Полученные результаты могут быть использованы в управлении высокотехнологичными проектами, в т.ч. для выявления возможностей интеграции между собой технологий, продуктов, задач и потребностей, при планировании соответствующих индикаторов и мероприятий, а также мер поддержки развития высокотехнологичных направлений.

Авторы исследования: Рудник П.Б., Вишневецкий К.О., Туровец Ю.В. и др.

Публикация:

Развитие отдельных высокотехнологичных направлений: 2023. Белая книга / К.Ю. Авдошкин, В.Е. Авербах, О.Ю. Азгальдова и др.; под ред. Т.Л. Броницкого, К.О. Вишневецкого, В.А. Воробьевой и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2023. – 268 с.

2. Индекс технологического и пространственного развития мировых городов для 30 агломераций, отобранных из числа 100 крупнейших городов мира с учетом их репрезентации в БРИКС и представленности всех частей света

Объект исследования – уровень технологического и пространственного развития мировых городов. Предмет исследования – активная и пассивная доступность городских услуг в мировых городах, выраженная в показателях Индекса.

Цель исследования: разработать и апробировать Индекс оценки технологического и пространственного развития мировых городов на основании анализа активной и пассивной доступности городских услуг.

Методологический аппарат НИР включает методы пространственного, статистического анализа, метод анализа вторичных источников информации, сравнительного анализа, метод экспертной оценки.

Научная новизна работы обусловлена ранее не предпринимавшейся попыткой полноценного внедрения пространственных и технологических метрик для оценки уровня мировых городов и определения лимитирующих факторов их развития.

В рамках данного исследования был разработан Индекс технологического и пространственного развития мировых городов, позволяющий комплексно оценить активную и пассивную доступность городских благ.

В рамках работы над Индексом были проанализированы существующие системы индексов и рейтингов мировых городов и с учетом их опыта разработан авторский методологический подход, учитывающий уровень технологического

и пространственного развития города и позволяющий выйти на стратегические рекомендации в интересах городского менеджмента. Данный Индекс рассчитан для 30 агломераций, отобранных из числа 100 крупнейших городов мира с учетом их репрезентации в БРИКС+ и представленности всех частей света. Для этого было использовано квотирование по доле городского населения в каждой части света от суммарного городского населения в мире (~2,7 млрд чел.).

Каждый из блоков Индекса описан как с точки зрения использованных методов, так и с точки зрения доступности и качества использованных для его расчетов данных. Также по каждому из блоков даны краткие характеристики и рекомендации для 30 отобранных городов. Отдельное внимание в описаниях и рекомендациях уделено Москве. По каждому из показателей были даны рекомендации, тезисно представленные далее.

Область применения результатов включает сферы пространственного и инновационного городского планирования и развития, градорегулирования. Полученные результаты могут быть учтены городскими администрациями, представителями бизнеса, научными и консалтинговыми исследовательскими центрами в целях улучшения качества жизни горожан в контексте вопроса экономии времени, выраженной в терминах активной и пассивной доступности. Этим же обусловлена и практическая значимость работы. В частности, результаты работы имеют потенциал к использованию при определении стратегических направлений развития городов в целях повышения качества жизни горожан и привлечения высококвалифицированных трудовых ресурсов.

Автор: Михайленко Е.К. – директор Центра социальных исследований и технологических инноваций факультета городского и регионального развития.

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА

Оптико-электронный программно-аппаратный комплекс на базе искусственного интеллекта для создания среды безопасности и благополучия человека

Сущность научных исследований заключается в создании программно-аппаратных комплексов на базе метода оптической локации и инфракрасной спектроскопии для создания среды безопасности и благополучия человека с применением методов искусственного интеллекта.

Новизна работы заключается в том, что применение методов искусственного интеллекта (ML и DL) позволяет выделять и обобщать сущности в анализируемых объектах. Результаты обучения и валидации позволяют разработать алгоритмы принятия решения для повышения эффективности управленческих решений в системах обеспечения безопасности, а также для систем ранней медицинской диагностики.

Значимость и актуальность заключается в разработке алгоритмов нейросетевого анализа данных физического эксперимента для проведения экспресс-анализа химических соединений, диагностики различных заболеваний по анализу

инфракрасных спектров выдыхаемого человеком воздуха (диабет 1 и 2 типа, астма, пневмония) и детектирования беспилотных летательных аппаратов по изменениям в видимой и инфракрасной области спектра. Результаты диагностики и детектирования должны быть дополнены алгоритмами принятия решения, прошедшими валидацию и верификацию. Разработанные аппаратные средства (квантово-каскадный лазер на спектральный диапазон 9,6-12,5 мкм – Рис. 11, система оптической локации беспилотных летательных аппаратов в видимом и инфракрасном диапазонах – Рис. 12) с применением алгоритмов искусственного интеллекта позволяют создать программно-аппаратный комплекс для создания среды безопасности и благополучия человека.

Прогноз применения: Разработанный программно-аппаратный комплекс может быть внедрен в медицинские учреждения для проведения экспресс-диагностики ряда социально значимых заболеваний, что повысит охват населения и позволит на ранней стадии заболевания начать необходимую терапию. В настоящее время проходят клинические эксперименты. Система обнаружения методами оптической локации беспилотных летательных аппаратов может применяться для охраны жилых объектов и промышленных территорий.

Авторы: Анфимов Д.Р., Винтайкин И.Б., Дёмкин П.П., Глушков В.Л., Голяк Иг.С., Голяк Ил. С., Морозов А.Н., Небритова О.А., Назолин А.Л., Табалин С.Е., Фуфурин И.Л.

Публикации:

Fufurin I.L. et al., “Optical Methods for Detecting and Tracking Moving Objects in the Atmosphere,” in Russian Journal of Physical Chemistry B 16(3), pp. 483–491, Pleiades Publishing Ltd (2022) [doi:10.1134/s1990793122030034].

Fufurin I.L. et al., “Deep Learning for Type 1 Diabetes Mellitus Diagnosis Using Infrared Quantum Cascade Laser Spectroscopy,” in Materials 15(9), p. 2984, MDPI AG (2022) [doi:10.3390/ma15092984].

Голяк Иг.С. [и др.]. Применение машинного обучения для диагностики некоторых социально значимых заболеваний по выдыхаемому человеком воздухом методом инфракрасной лазерной спектроскопии // Оптика и спектроскопия. 2023. Т. 131. № 6. С. 825. [10.21883/OS.2023.06.55917.109-23].

Патент на изобретение «Способ мониторинга выдыхаемого пациентом воздуха для прогноза декомпенсации сахарного диабета» № 2794820 от 25.04.2023.

Программа кластеризации и классификации инфракрасных спектров выдыхаемого воздуха волонтеров, страдающих сахарным диабетом первого типа, бронхиальной астмой и пневмонией. Св. № 2023685798 от 30.11.2023.



Рис. 11. Квантово-каскадный лазер на спектральный диапазон 9,6-12,5 мкм

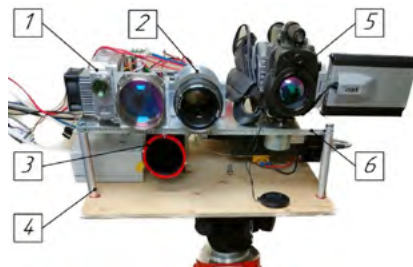


Рис. 12. Система оптический локации беспилотных летательных аппаратов в видимом и инфракрасном диапазонах

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

1. Обнаружение молекулярной мишени противоопухолевой терапии нового поколения – белка CDK1

Новизна: Впервые показано, что, вопреки сложившимся представлениям, подавляющее число молекулярных процессов репарации, то есть починки повреждений ДНК, в раковых тканях человека не ослаблено, а, наоборот, усилено. Это связано с тем, что опухолевые клетки интенсивно делятся, в ходе чего им приходится устранять технические повреждения в постоянно синтезируемой ДНК. Вместе с тем обнаружено, что существует единственный молекулярный процесс репарации, который в опухолях подавлен относительно нормальных тканей: молекулярный путь ATM- G2/M, который отвечает за контроль качества синтезированной ДНК. Таким образом, сделано фундаментальное открытие: при общем усилении синтеза ДНК и форсированном устранении технических неполадок, в опухолях отключен контроль качества этой ДНК. Опухолевые клетки не могут синтезировать ДНК без ошибок и в норме не прошли бы контроль качества, что означало бы для таких клеток неминуемую смерть. Но опухолевые клетки отключают контроль качества - молекулярный путь ATM- G2/M, и таким образом размножаются и выживают даже и с ДНК, чей синтез прошел с ошибками.

Значимость: Открытие этого фундаментального механизма позволяет определить направление создания противораковых препаратов нового поколения. Такие препараты отменяют блокаду процесса контроля качества ДНК в опухолевых клетках и заставят их погибать. Белок CDK1, играющий ключевую роль в подавлении пути контроля качества ATM- G2/M, обладает повышенной активностью во всех типах опухолей. Поэтому его блокада сможет стать универсальным решением для противораковой терапии большинства видов опухолей.

Прогноз применения: практическое применение в фармакологии – для создания нового поколения противоопухолевых препаратов с близкой к универсальной противораковой активностью; в медицине – для повышения эффективности лечения онкозаболеваний.

Руководитель работы: профессор РАН Буздин А.А., исполнитель: Марианна А.З.,

Публикации:

Pan-cancer antagonistic inhibition pattern of ATM-driven G2/M checkpoint pathway vs other DNA repair pathways. Zolotovskaia MA, Modestov AA, Suntsova MV, Rachkova AA, Koroleva EV, Poddubskaya EV, Sekacheva MI, Tkachev VS, Garazha AV, Glusker AA, Seryakov AP, Vladimirova US, Rumiantsev PO, Moisseev AA, Zharkov DO, Kuzmin DV, Zhao X, Prassolov VS, Shegay PV, Li X, Steinbichler TB, Kim E, Sorokin MI, Wang Y, Buzdin AA. DNA Repair (Amst). 2023 Mar; 123:103448. doi: 10.1016/j.dnarep.2023.103448

2. STRL-Robotics: система управления мобильными робототехническими платформами инструкциями на естественном языке

Описание (сущность, новизна, значимость):

В рамках работы рассмотрена проблема синтеза поведения мобильной робототехнической платформы с манипулятором при решении задач в человеко-ориентированной среде. Представлена архитектура системы управления STRL-Robotics, которая оригинальным образом интегрирует модули, отвечающие за картирование среды, локализацию робототехнической системы на карте, планирование пути мобильной платформы между заданными точками, управление движением по спланированному пути, распознавание объектов на данных сенсоров и управление манипулятором при взаимодействии с распознанными объектами. Особенностью системы является также поддержка выполнения задач, которые описаны на естественном языке, в том числе в режиме следования инструкциям. Данный функционал реализуется с помощью больших языковых моделей, которые формируют концептуальный план действий с учетом информации о внешней среде. Вышеуказанные компоненты реализованы для ряда модельных задач, в том числе обеспечения мобильности робототехнической системы в многоэтажном офисном здании, оснащённом лифтами, и сборе объектов в помещениях по языковым инструкциям.

Прогноз применения: Разрабатываемая система управления разрабатывается в кооперации с Центром робототехники Сбера и предполагается ее интеграцию с перспективным антропоморфным роботом для повышения степени его автономности и спектра решаемых им задач.

Руководитель работы: к.ф.-м.н. доцент Панов А. И. – МФТИ

Исполнители: Юдин Д. А., Миронов К. В; коллектив ЦКМ МФТИ.

Публикации:

A.A. Klovov et al., "DAPS3D: Domain Adaptive Projective Segmentation of 3D LiDAR Point Clouds," in IEEE Access, vol. 11, pp. 79341-79356, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3298706. Q1

Staroverov A. и др. Skill Fusion in Hybrid Robotic Framework for Visual Object Goal Navigation // Robotics. 2023. Т. 12. Q1

Миронов К. и др. STRL-Robotics: интеллектуальное управление поведением робототехнической платформы в человеко-ориентированной среде // Искусственный интеллект и принятие решений. 2023. № 2. С. 45–63. RSCI

Алхаддад М. и др. Локальное планирование траектории колесного робота в ограниченной среде на основе модельного прогнозирующего управления // Робототехника и техническая кибернетика. 2023. Т. 11. № 3. С. 205–214. RSCI

3. Разработка теории и практики феномена молекулярной коммутации как альтернативного механизма обработки информации ДНК и генетической регуляции

Описание (сущность, новизна, значимость):

В начале 2023 года в ходе научных исследований автором открыт феномен «молекулярной коммутации», который расширил и дополнил общепринятую теорию Уотсона-Крика о строении и природе ДНК-взаимодействий на основе строгого

соответствия (комплементарности) пар оснований. Доказан принципиально иной механизм хранения и обработки информации ДНК/РНК, основанный на обратимых низкоаффинных взаимодействиях между не полностью или даже совершенно некомплементарными нуклеиновыми кислотами. Возможность реализации такого механизма была продемонстрирована на ряде примеров в различных важных областях современной науки, включая схему организации работы биологической ячейки памяти, рекордную по скорости и эффективности схему проведения молекулярных вычислений, сверхсложную биокомпьютерную систему, имитирующую логический элемент «И» с 572 входами, а также экспериментально показан возможный путь регуляции работы генов при помощи максимально некомплементарных к ним последовательностей нуклеиновых кислот. В продолжение данной работы коллективом лаборатории под руководством автора в 2023 году получены важнейшие результаты по расширению области применения данного прорывного открытия. В частности, на основе оригинального математического аппарата открыты и подтверждены высокоточными измерениями пути увеличения точности «классического» метода NUPACK в части предсказания энергии взаимодействия и структуры пар произвольно выбранных полинуклеотидов.

Прогноз применения:

Поскольку открытое явление носит фундаментальный характер, выявление механизмов его реализации или блокировки в живой природе имеет общемировую значимость и актуальность, способно существенно расширить современное понимание базовых принципов молекулярной биологии, повлиять на методологию получения, обработки и интерпретации информации в целом ряде наук о живой материи и, таким образом критически улучшить, например, методы профилактики, предупреждения и терапии социально-значимых заболеваний, в том числе онкологических и вирусных.

Руководитель и исполнитель работы: Никитин М.П.- заведующий лаборатории Нанобиотехнологий МФТИ

Публикация:

Nikitin M. P. Non-complementary strand commutation as a fundamental alternative for information processing by DNA and gene regulation //Nature Chemistry. – 2023. – С. 1-13.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО

Создание многослойных гетероструктур на основе новых магнитных полупроводников A3B5:Fe

Магнитные полупроводники нового типа A3B5:Fe в настоящее время находятся в активной фазе исследований, поскольку обладают высокой температурой Кюри и основываются на практически важных полупроводниках класса A3B5. Новые достижения в технологии их создания и в выявлении особенности их магнитных и транспортных свойств важны для физики магнитных полупроводников и физики твердого тела в целом. Интерес к многокомпонентным магнитным полупрово-

дникам $\text{Al}_3\text{B}_5\text{:Fe}$ связан с уникальными возможностями управления их основными полупроводниковыми параметрами (тип носителей заряда, зонная структура и параметр решетки) путем варьирования состава полупроводниковой матрицы Al_3B_5 . Это потенциально расширяет использование магнитных полупроводников $\text{Al}_3\text{B}_5\text{:Fe}$ для создания приборов полупроводниковой спинтроники. Представлены результаты по созданию трехслойных гетероструктур на основе полупроводниковых матриц $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Sb}$ и $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$, сильно легированных Fe (концентрация Fe до 23 ат. %). Используемый нами технологический метод импульсного лазерного осаждения является уникальным и не имеет аналогов в технологии разбавленных магнитных полупроводников. Этот метод отличается дешевизной и высокой производительностью, что достигается снижением требований к уровню вакуума в технологическом процесс по сравнению с конкурентными решениями, такими как молекулярно-лучевая эпитаксия. Данный метод позволяет формировать полупроводниковые гетеропереходы с высоким кристаллическим совершенством, обладающие ферромагнитными свойствами при комнатной температуре и выше.

Авторы: Кудрин А.В., Лесников В.П., Крюков Р.Н., Данилов Ю.А., Дорохин М.В., Яковлева А.А.

Публикация:

Kudrin A.V., Lesnikov V.P., Kryukov R.N., Danilov Yu.A., Dorokhin M.V., Yakovleva A.A., Tabachkova N.Yu., Sobolev N.A. Multilayer Epitaxial Heterostructures with Multi-Component III–V:Fe Magnetic Semiconductors. *Nanomaterials*. 13(17), 2435 (2023).

ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Создание многоуровневых моделей для описания поведения металлов и сплавов, широко применяемых в промышленности, и их практическое применение для разработки технологических процессов изготовления функциональных материалов и изделий.

Сущность, новизна, значимость и прогноз применения полученного результата.

В рамках реализации проекта разрабатываются многоуровневые конститутивные модели для описания поведения металлов и сплавов, широко применяемых в промышленности Пермского края, рассматривается их практическое применение для разработки технологических процессов изготовления функциональных материалов и изделий.

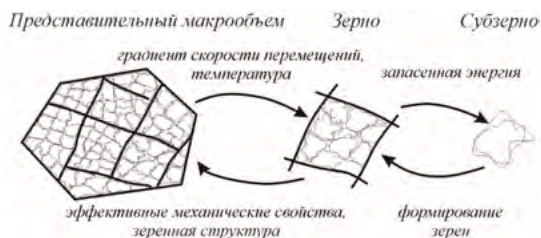


Рис. 13. Масштабные уровни и связь структурных элементов многоуровневой модели

В результате выполнения плановых проектных работ в 2023 году создан усовершенствованный комплекс оригинальных многоуровневых моделей для исследования поведения многофазных поликристаллических металлов и сплавов с обоснованным описанием геометрической нелинейности, эволюции материальной структуры и ключевых механизмов неупругого деформирования на различных масштабных уровнях, позволяющих анализировать изменение физико-механических свойств и остаточных напряжений.

Созданные в результате исследований модели позволят более корректно описать и более глубоко (по сравнению с существующими моделями) исследовать суть процессов, происходящих при интенсивных пластических деформациях, оценить влияние на поведение поликристаллов фундаментальных физических свойств материала (энергии дефекта упаковки, различных механизмов взаимодействия дислокаций и др.), теоретически предсказывать образование различных типов текстуры, изменения зеренной и субзеренной структуры, упрочнение по различным механизмам, формирование полей остаточных напряжений на различных масштабно-структурных уровнях, накопление поврежденности в материале и его возможное разрушение. Разработанные алгоритмы и программные комплексы, реализующие конститутивные модели при решении краевых задач, позволяют совершенствовать существующие и проектировать новые технологические процессы термомеханической обработки металлов и сплавов актуальные для предприятий Пермского края.

Наиболее значимые публикации в 2023 году:

Kondratev N., Trusov P., Bezverkhly D. Identification of initial critical resolved shear stresses using of a two-level model of inelastic deformation // Lobachevskii J. Math. – 2023. – Vol 44 (6). – P. 2306-2316

Romanov K., Shveykin A., Trusov P. Advanced Statistical Crystal Plasticity Model: Description of Copper Grain Structure Refinement during Equal Channel Angular Pressing // Metals. – 2023. – Vol. 13. – 953.

Trusov P., Kondratev N., Baldin M., Bezverkhly D. A Multilevel Physically Based Model of Recrystallization: Analysis of the Influence of Subgrain Coalescence at Grain Boundaries on the Formation of Recrystallization Nuclei in Metals // Materials. – 2023. – Vol. 16 (7). – 2810.

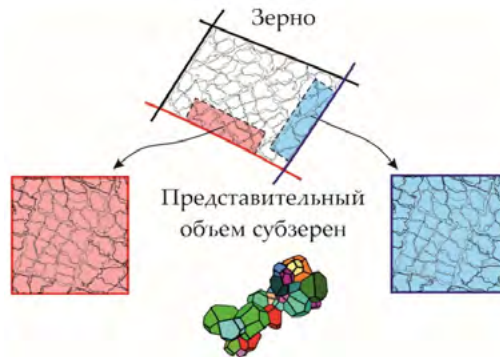


Рис. 14. Схема формирования представительного объема субзерен вблизи большеугловых границ

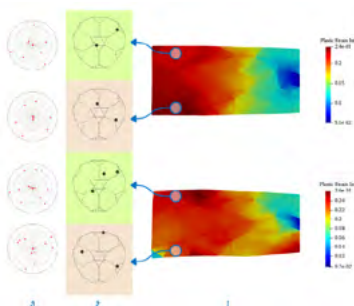
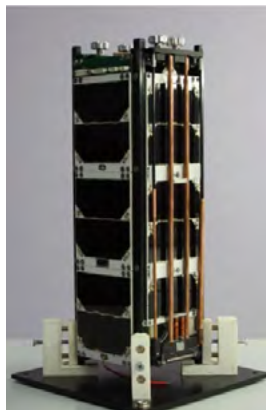


Рис. 15 Идентификация текстурных компонент в задачах процесса волочения алюминиевой проволоки

САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА

1. Разработка и создание малоразмерного научно-образовательного космического аппарата SamSat-ION для изучения магнитосферы и ионосферы Земли

МКА SamSat-ION был разработан и изготовлен в Самарском национальном исследовательском университете имени академика С.П. Королева в рамках программы достижения технологической независимости в критических технологиях. Запущен на орбиту 27 июня 2023 года с космодрома «Восточный» по программе «УНИВЕРСАТ» ГК «Роскосмос» и предназначен для решения научных (изучение магнитосферы и верхней ионосферы Земли, особенностей динамики и управления движением МКА с выносными элементами конструкции) и прикладных (отработка технологии высокоточной пространственно-временной привязки научных измерений, методов повышения автономности функционирования на орбите, верификации новой наноспутниковой платформы и комплекса бортовых систем) задач. Результаты измерений магнитного поля в рамках проведённого лётно-космического эксперимента переданы заказчику - Институту прикладной геофизики имени Фёдорова Росгидромета.



МКА SamSat-ION является первым аппаратом из создаваемой Самарским университетом серии МКА, предназначенных для изучения ионосферы и магнитосферы Земли, в сотрудничестве с институтами РАН. В реализации проекта с 2020 года приняли участие более 30 студентов и аспирантов Самарского университета. С 2020 года по теме создания научно-образовательных МКА на базе платформы SamSat было защищено 4 кандидатские диссертации, получено 6 патентов на изобретения и выполнено 15 дипломных проектов.

Авторы: Белоконов И.В., Болтов Е.А., Елисов Н.А., Крамлих А.В., Кумарин А.А., Ломака И.А., Николаев П.Н., Синецын Л.И., Шафран С.В., Щербаков М.С.

Основные публикации:

Elisov N.A., Kramlikh A.V., Lomaka I.A. Avariaskin D.P. An attitude control by the functional series in the problem of nanosatellite reorientation // Aerospace Science and Technology 2023. — Vol. 132 <https://doi.org/10.1016/j.ast.2022.108038>. (Q1).

I. Belokonov et al. Calibration Method of MEMS Gyroscopes Using a Robot Manipulator // IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, vol. 38, no. 3, pp. 20-27, 1 March 2023, doi 10.1109/MAES.2022.3232728 (Q1)

Kramlikh A.V., Nikolaev P.N., Rylko D.V. Onboard Two-Step Attitude Determination Algorithm for a SamSat-ION Nanosatellite // Gyroscopy and Navigation 2023. — Vol. 14. Issue 2. № 2. — P. 138-153 DOI: 10.1134/S2075108723020050 (Q2).

E. V. Barinova, I. V. Belokonov, N. A. Elisov, A. V. Kramlikh, I. A. Lomaka, P. N. Nikolaev, and I. A. Timbai Some Features of Dynamics and Attitude Control of Nanosatellites in Low Orbits // Gyroscopy and Navigation 2023. — Vol. 14. Issue 3. № 3. — P. 3-35 DOI: 5.1134/S2075108723030021 (Q2).

2. Опытный образец универсальной беспилотной авиационной системы повышенной автономности

Главной функциональной особенностью разработанного беспилотного летательного аппарата (БПЛА) вертикального взлета и посадки, входящего в универсальную беспилотную авиационную систему (БАС), является его способность работать в двух режимах: привязном (электропитание и управление по кабелю от генератора и наземной стартовой установки (НСУ)) и автономном (электропитание от аккумуляторной батареи, управление – по радиосигналу), а также возможность эксплуатации БПЛА в простых и ограниченно сложных метеоусловиях.

Применение привязного режима предполагает почти неограниченное время работы, не требует получения разрешения на запуск БПЛА, управление и передача данных осуществляется по оптоволоконному кабелю, что обеспечивает его работу в режиме полного радиомолчания. Для применения БПЛА в автономном режиме необходимо заменить бортовой преобразователь электрического тока на батарею аккумуляторов. Автономный режим подразумевает выполнение полета БПЛА на удалении до 10 км с полезной нагрузкой массой 15 кг как в полностью автоматическом режиме, так и с возможностью ручного управления. Созданный БПЛА оснащен опытным образцом системы радиоэлектронной борьбы собственной разработки, системой ретрансляции сигналов стандарта WiFi или LTE, системой видеомониторинга.

Авторы результата: Овакимян Д.Н., Бабаев О.Г., Домбровский Д.В., Воронов К.Е., Телегин А.М., Пияков И.В.

Публикации:

Сухачев К.И., Телегин А.М., Григорьев Д.П., Шестаков Д.А., Дорофеев А.С. Алгоритм работы цифрового модуля устройства для детектирования пролетных импульсов // Приборы и техника эксперимента. – 2023. – № 2. – С. 46-51. DOI: 10.31857/S003281622301024X (ВАК, РИНЦ).

Сухачёв К.И., Григорьев Д.П., Шестаков Д.А., Артюшин А.А., Родина А.В. Разработка кольцевой полудуплексной сети для обмена данными между устройствами в научной космической аппаратуре // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2023. – № 84. – С. 34-45. DOI: 10.21667/1995-4565-2023-84-34-45 (ВАК, РИНЦ).

Овакимян Д.Н., Зеленский В.А., Капалин М.В., Ерескин И.С. Исследование методов и разработка алгоритмов комплексирования навигационной информации // Труды МАИ. – 2023. – №132. eLIBRARY ID: 54797313 (ВАК, РИНЦ).



Рис. 16. Опытный образец универсальной БАС повышенной автономности

3. Архитектура и система команд процессорного FMU ядра на базе отечественной ПЛИС (IP-ядро)

Разработан универсальный комплекс технических и аппаратных решений на базе радиационно-стойкой элементной базы отечественного производства для применения в бортовой и космической научной аппаратуре, позволяющих реализовывать системы сбора и обработки информации, а также системы управления.

Отладочный модуль создан на доступной элементной базе, полностью совместим с целевой системой для облегчения возможности отладки и параллельной разработки отдельных элементов HDL описания. Внедрение модуля обеспечивает сокращение временных и финансовых затрат при разработке космических аппаратов, научной аппаратуры и другой бортовой или специальной техники, к которой применяются требования по повышенной стойкости к внешним воздействиям;

Авторы результата: Сухачев К.И., Телегин А.М., Григорьев Д.П.

Публикации:

Сухачев К.И., Григорьев Д.П., Исмагилова Е.В. Разработка микроконтроллерного FMU ядра на базе ПЛИС для научной космической аппаратуры // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2023. Т. 16, № 5. С. 12-23. doi: 10.32603/2071-8985-2023-16-5-12-23.

Синтезируемое в базисе ПЛИС микроконтроллерное FMU ядро / К.И. Сухачёв, Д.П. Григорьев, А.М.Телегин // Свидетельство о регистрации программы RU 2023617091. Дата публикации: 05.04.2023.

Синтезируемое в базе ПЛИС комплект модулей, реализующих сетевой протокол связи IL NET / К.И. Сухачев, А.А. Артюшин, Д.П. Григорьев, Д.А. Шестаков // Свидетельство о регистрации программы RU 2023619915. Дата публикации: 17.05.2023.

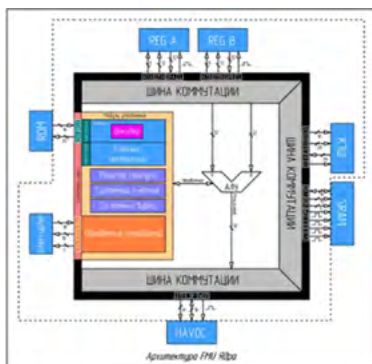


Рис. 17. Блок-схема архитектуры FMU ядра микроконтроллера на базе ПЛИС EP3C16

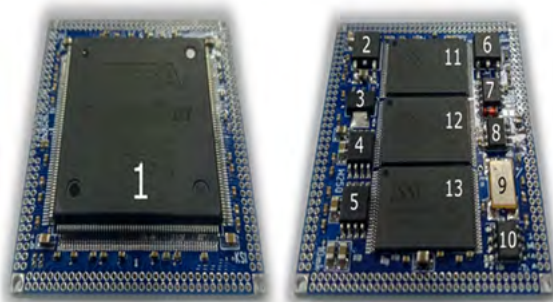


Рис. 18. Отладочный модуль FMU микроконтроллера на базе ПЛИС EP3C16

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

1. Актуальные проблемы управления недропользованием Российской Федерации

Цель исследования – совершенствование модели недропользования и геологоразведочной отрасли в контексте приоритетных национальных экономических интересов государства.

Научная новизна исследования заключается в анализе причинно-следственных связей существующей модели управления недропользованием на современном этапе развития внутреннего экономического потенциала, а также в разработке предложений по реформированию отдельных сегментов отраслевой экономики, в частности пересмотра стратегии формирования геологоразведочного сектора.

Геологоразведочная отрасль в Российской Федерации традиционно имела задачи не только приращения запасов полезных ископаемых, открытия новых месторождений, проведения геолого-съёмочных работ и исследований, но и вы-

полняла немаловажную функцию в решении управленческих государственных задач. Структурные подразделения, работающие в сегменте геологоразведки, (экспедиции, партии, геологоразведочные организации, объединения) имели весьма обширные функциональные возможности, связанные не только с потенциальной добычей полезных ископаемых, но и выполняли в определенной степени функции контроля и определения стратегических направлений исследований и перспектив.

В связи со снижением эффективности проведения геологоразведочных работ в Российской Федерации в настоящее время специалистами кафедры отраслевой экономики производится анализ системы управления недропользования по двум направлениям: добычи подземных вод и возникшей в 2023 г. потребности исследования возможных последствий принятия Федерального закона «О старательской деятельности». Несмотря на то, что подземные воды и золото – два совершенно разных вида полезных ископаемых, их объединяет два аспекта: они являются стратегическими ресурсами любого государства, и их система управления претерпевает серьезный кризис.

Принятие любого Федерального закона требует проработанного механизма его реализации, в противном случае возникает целая цепочка ошибок на административном и хозяйственно-экономическом уровнях. Так, Федеральный закон «О недрах», принятый в Российской Федерации еще в 1992 г., претерпел более 70 корректировок, правок и изменений, что повлекло создание целого сегмента подзаконных актов, ведомственных инструкций и положений. Нестыковки на межведомственном уровне по ключевым понятиям, регламенту недропользования позволяют трактовать базовые определения в сфере добычи полезных ископаемых и геологоразведки в вольном формате и, соответственно, делает всю систему лицензирования и контроля недропользования малоэффективной и формальной.

Подземные воды, воспринимаемые обществом в качестве общедоступного ресурса, теряют функцию управляемости, планирования и контроля добычи. В отношении золотодобычи подготовлен и принят в первом чтении Федеральный закон «О старательской деятельности», исполнение которого поручено Роскадастру. Ошибки данного подхода, даже в качестве эксперимента, могут нанести серьезный вред всей структуре недропользования.

Проблемы накопились за последние 30 лет и их решение требует незамедлительного ответа. Реформирование любой базовой отрасли – весьма непростой и болезненный процесс, но ошибки при бездействии в этом вопросе несут накопительный характер. Роль федеральных, государственных органов управления в структуре недропользования и геологоразведки, как и региональных, должна резко возрасти с принятием соответствующих поручений.

В настоящее время нет острой необходимости принятия новых федеральных законов, поскольку главный вектор развития состоит в корректировке исполнительной системы, а именно:

- структуры лицензирования недропользования;
- структуры геологического контроля;
- структуры планирования и анализа;
- геологоразведочной стратегии, как самостоятельной экономической ячейки.

Система лицензирования недропользования, которой занимается федеральное агентство «Роснедра», как на федеральном, так и на региональном уровнях, а также местные структуры, например, Комитет по природным ресурсам Ленинградской области, выстроенные, на первый взгляд, вполне корректно, на практике не имеют инструментов и возможностей контроля самой процедуры недропользования «на земле». Формальные отчеты недропользователей, да и сама технология добычи подземных вод и других видов полезных ископаемых не контролируется на местах (кроме санитарно-эпидемиологических, экологических и правоохранительных органов).

Запасы подземных вод, мониторинг эксплуатации водоносных горизонтов находятся в режиме «либерального отпуска». Геологоразведочные партии и экспедиции во времена СССР выполняли роль кураторов недропользования, отвечали за качество оценки запасов полезных ископаемых, от их деятельности напрямую зависели результаты разработки практически всех видов полезных ископаемых, а также воспроизводство минерально-сырьевой базы. Структура стадийности поисково-оценочных и геологоразведочных работ позволяла экономить бюджетные средства и своевременно ориентировать добычную отрасль.

Проблема стихийной золотодобычи, а также возможность допуска некомпетентных золотодобытчиков при фактах получения ими разрешений, связана с отсутствием геологоразведочных организаций, работающих на местах. Выход из данной ситуации видится в возрождении геологоразведочного «звена», имеющего государственное подчинение и соответствующие полномочия.

Крупный горнопромышленный бизнес, в отличие от малого и даже среднего, имеет экономические и административные рычаги взаимодействия со структурами государственного управления. Малые предприятия таких возможностей не имеют, находясь, с одной стороны в условиях жесткой конкуренции, а с другой, под административным и экономическо-правовым давлением. Именно государственные структуры, обеспечивающие грамотное управление и контроль в сфере недропользования на местах, находятся в дефиците.

Передача функций управления от федерального агентства «Роснедра» в ведомство Роскадастр (Федеральный закон «О старательской деятельности») говорит о слабых сторонах ведомственного госрегулирования недропользованием. Функции госрегулирования недропользования не должны быть только регламентирующими и разрешительно-запретительными. Управление должно подразумевать возможность решения нестандартных задач, связанных с добычей полезных ископаемых, которых в условиях натуральных природных реалий – большинство. Именно полевые исследования, требующие высокой квалификации специалистов, позволяют найти компромиссы в решении сложных задач природопользования, ущерба окружающей среде при условии соблюдения норм действующего законодательства. Также нормы российского законодательства в части эксплуатации подземных ресурсов требуют постоянной и гибкой регулировки ввиду многообразия структурных и природных факторов, развития новых технологий и методов освоения подземного пространства. Это не означает, что базовые законы необходимо постоянно корректировать, но ведомственные регламенты и требования должны оперативно адаптироваться к накопившимся противоречиям (например, проблема добычи полезных ископаемых, в том числе подземных вод, физическими лицами; золотодобыча, сбор палеонтологических материалов, драгоценных камней и т.д.).

Добыча и переработка полезных ископаемых, исходя из модели национальной экономики, в основном находится в сфере интересов частного бизнеса. При этом функции государства состоят в грамотном управлении этим процессом с точки зрения увеличения доходности бюджета и решения социальных и экологических задач.

В качестве промежуточных результатов стоит отметить разработку рекомендаций и подходов к регулированию добычи полезных ископаемых разных групп для физических лиц; рекомендации по изменению порядка и структуры лицензирования добычи подземных вод; подготовку концептуальной модели разработки отдельных классов непромышленных месторождений полезных ископаемых для малого бизнеса.

Авторы: к.э.н. Головина Е.И., к.ю.н. Пастернак С.Н.

Апробация результатов:

Участие доц. Головиной Е.И., доц. Пастернак С.Н. в заседании Экспертного совета при Комитете Государственной Думы по экологии, природным ресурсам и охране окружающей среды по теме «О законодательном регулировании старательской деятельности»(30-31.05.2023), Парламентских слушаниях Комитета Государственной Думы по экологии, природным ресурсам и охране окружающей среды и Комитета Государственной Думы по развитию Дальнего Востока и Арктики по теме «О совершенствовании правового регулирования старательской деятельности в Российской Федерации»(28.06.2023); совещании по обсуждению проекта Федерального закона «О старательской деятельности», проводимом Комитетом Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации по экономической политике(05.09.2023); обсуждения проекта Федерального закона «О старательской деятельности» на заседании секции «Природопользование» Совета по вопросам агропромышленного комплекса и природопользования при Совете Федерации (02.10.2023).

Публикации:

Golovina, E., Khloponina, V., Tsiglianu, P., Zhu, R. Organizational, Economic and Regulatory Aspects of Groundwater Resources Extraction by Individuals (Case of the Russian Federation). Resources. – 2023. – 12(8), 89. <https://doi.org/10.3390/resources12080089> (Scopus)

Головина Е.И., Пастернак С.Н., Полицимако И.А. Физические лица как субъекты права недропользования. Экономика и предпринимательство. – 2023. – №17(9). – С. 146-150 (ВАК)

Головина Е.И., Щелконогова О.С. Совершенствование государственной политики в сфере водообеспечения населения за счет подземных вод в случае чрезвычайных ситуаций. Экономика и предпринимательство. – 2022. – №7 (144). – С. 332-338. (ВАК)

Головина Е.И., Щелконогова О.С. Предпосылки реформирования вододобывающей отрасли России. Сборник трудов «Экономика и Индустрия 5.0 в условиях новой реальности (ИНПРОМ-2022)». – СПб: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. – 2022. С. 235-239.

Golovina, E., Pasternak, S., Tsiglianu, P., Tselischev, N. Sustainable management of transboundary groundwater resources: Past and future. Sustainability. – 2021. – 13(21). – P.1–16. <https://doi.org/10.3390/su132112102> (Scopus).

2. Технология образования локальных полостей в ледовом массиве тепловым способом

Образование локальных полостей в ледовом массиве тепловым способом реализуется специальным термогидравлическим буровым снарядом-расширителем на грузонесущем кабеле (патент на изобретение RU №2700143), который позволяет контролировать и оперативно управлять технологическими процессами контактного бурения и конвективного расширения скважин. В ходе разработки технологии был установлен механизм эффективного процесса конвективного расширения ледовой скважины за счет образования призабойной кольцевой циркуляции теплоносителя с постоянным его подогревом, а также установлена математическая зависимость, связывающая радиус расширения скважины и физико-механические свойства льда, механическую скорость бурения, подводимую тепловую мощность нагревательных элементов пенетратора, которая позволяет рассчитать конструкцию термогидравлического бурового снаряда-расширителя. Разработанные технология и техническое средство внедрены в проектной деятельности ФГБУ «ААНИИ» в г. Санкт-Петербурге для планирования, организации и проведения научно-исследовательских работ в Арктике и Антарктиде, что подтверждается актом внедрения.

Технология образования локальных полостей в ледовом массиве с использованием термогидравлического бурового снаряда-расширителя является решенной ключевой задачей для экологически чистого вскрытия подледникового озера Восток в Антарктиде направленное на выполнение распоряжения Правительства Российской Федерации от 30.06.2021 г. № 1767-р «Об утверждении плана мероприятий по реализации Стратегии развития деятельности Российской Федерации в Арктике до 2030 года», в котором Горный университет принимает участие в реализации 21-го Мероприятия «Комплексные исследования подледникового озера Восток и палеоклимата Земли в районе российской антарктической станции Восток».

3. Термоэмиссионный преобразователь тепловой энергии в электрическую на основе графеновых структур – глобальный проект мировой энергетики будущего

Согласно нижеуказанной публикации и открытию № 660, зарегистрированному в 2018 году Международной академией авторов научных открытий и изобретений Российской Федерации, сотрудниками Горного университета установлено новое явление фазового превращения аморфного мелкодисперсного углерода (Рис. 19) в графеноподобную структуру (Рис. 20, Рис. 21) с аномально низкой работой выхода порядка 1 эВ в плазме.

Разработка относится к приоритетному направлению науки «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика», «Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов» и позволяет создать новые термоэмиссионные преобразователи (ТЭП) прямого превращения тепловой энергии в электрическую с высоким к.п.д. для наземных и космических энергетических установок нового поколения.

Горный университет, имея значительный научно-технический задел в области фундаментальных и прикладных исследований физики плазменных нанотехнологий, предлагает проект трехкратного увеличения к.п.д. термоэмиссионных преобразователей энергии, что уже сегодня обеспечивает практическую возможность создания наземных и космических ядерных энергетических установок нового поколения.

В экспериментальном ТЭП впервые в режиме генерирования электрической энергии с динамической подачей пара цезия в межэлектродный зазор получено значение к.п.д. порядка 26% при температуре эмиттера ТЕ ~ 1600 К и температуре коллектора ТС ~ 700 К. Уникальное сочетание относительно низкого значения ТЕ с высоким к.п.д. термоэмиссионной системы открывает перспективу внедрения этих систем в наземную автономную малую ядерную энергетику прямого преобразования энергии.

Э.д.с., развиваемая ТЭП, в основном определяется работой выхода электронов (РВЭ) материала эмиттера, а потери выходного напряжения – РВЭ материала коллектора и плазменными потерями напряжения. Повышение эффективности ТЭП продемонстрировано экспериментально (Рис. 20, Рис. 21) путем прокачки паров цезия через никелевый коллектор с большим количеством отверстий диаметром 0.1 мм.

Результат достигнут за счет создания на поверхности коллектора двумерной графеновой структуры, интеркалированной атомами цезия.

Авторы: А.С. Мустафаев, В.С. Сухомлинов, А.Ю. Грабовский.

Публикация:

Journal of Applied Physics, 2018, Vol. 124, 123304; doi: 10.1063/1.5037028, 2022, Vol. 132, 013302; doi: 10.1063/5.0088220, Russian Journal of Physical Chemistry B, 2015, Vol.9, No.4, pp.546–551; 2017, Vol.11, No.1, pp.118–120, патенты Российской Федерации № 2727927 от 27.07.2020 и № 2790797 от 28.02.2023

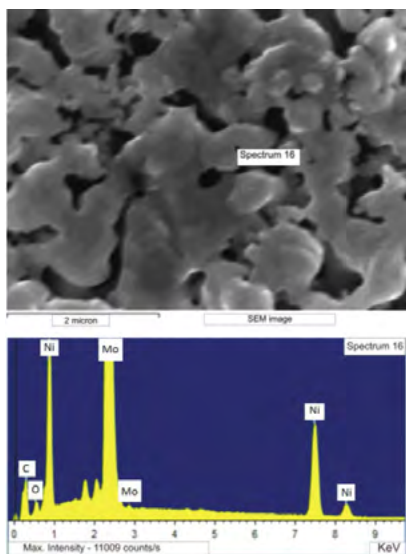


Рис. 19. Аморфный графит (SEM и спектр микроанализа)

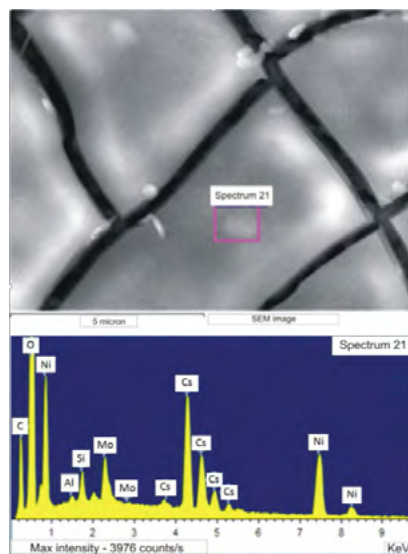


Рис. 20. Графен-графитовая структура (SEM и микроанализ)

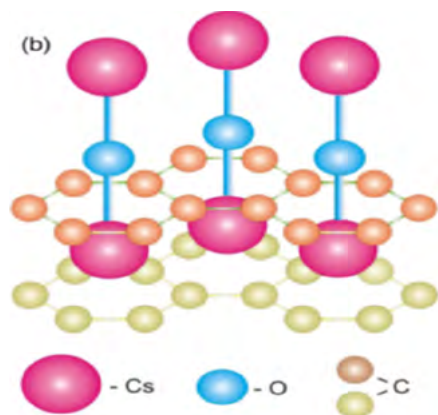


Рис. 21. Атомарная 3D-модель графен-графитовой структуры

4. Способ растачивания отверстий в изделиях из коррозионностойких алюминиевых сплавов

В настоящее время алюминий и его сплавы являются одними из наиболее применяемых материалов в таких отраслях, как: машиностроение, авиастроение, электротехническая промышленность. Только электротехническая промышленность обеспечивает, примерно, 10% потребления алюминия и его сплавов, что связано с рядом физико-механических свойств, к которым относятся: коррозионная стойкость, пластичность, прочностные свойства и другие.

Образование нароста является негативным фактором при необходимости обеспечения высоких показателей качества при обработке внутренних поверхностей изделий из алюминиевого сплава АМц. При сходе стружки такого типа по передней поверхности возникают силы трения, которые замедляют ее движение. Вследствие действия сил трения увеличивается деформация в слоях металла, расположенных ближе к передней поверхности. В результате отделения верхних слоев металла, сходящая стружка приваривается к передней поверхности, происходит процесс образования нароста.

В Санкт-Петербургском горном университете разработан способ растачивания отверстий в изделиях из коррозионностойких алюминиевых сплавов, который заключается в том, что в процессе технологической обработки происходит формирование энергии бегущих волн от точки контакта излучателя с резцом, в направлении зоны резания, противоположно направлению вектора схода стружки. Такой способ воздействия позволяет снизить вероятность наростообразования при сходе стружки по передней поверхности резца.

Установлено, что для достижения требуемых параметров шероховатости поверхности при растачивании отверстий в изделиях из коррозионностойких алюминиевых сплавов марки АМц необходимо использование способа высокочастотного волнового воздействия в направлении, противоположном направлению подачи, в диапазоне 0,5...0,6 м/с, что позволит обеспечить шероховатость до значений $R_a = 1,069$ мкм без применения дополнительной финишной обработки и обеспечить производительность подготовки Эльгазового трансформатора в 3,5 раза.

Авторы: Максаров В.В., Ефимов А.И., Минин А.О.
 Патент № 2787289, 2023 г.

Методы мета-автоматического машинного обучения для моделей композитного ИИ

Разработаны методы и алгоритмы мета-оптимизации, позволяющие решать задачи быстрого и эффективного создания композитных моделей машинного обучения с неоднородной структурой. Они основаны на объединении аппарата графовых нейронных сетей, алгоритмов обучения с подкреплением и эволюционных алгоритмов, хорошо себя зарекомендовавших в рамках создания фреймворка автоматического машинного обучения FEDOT и библиотеки графовой оптимизации GOLEM. Их открытая реализация доступна в рамках библиотеки GAMLET (<https://github.com/ITMO-NSS-team/GAMLET>), которая может быть использована для решения задач мета-обучения в различных областях знаний. Она обладает модульной архитектурой, позволяющей применять различные алгоритмы извлечения признаков, генерации и ранжирования моделей, а также оптимизации их структуры и гиперпараметров.

Авторы: Н.О. Никитин, Е.Н. Шиков, П.Р. Шевченко, К.А. Черняк, В.Д. Покровский, М.В. Пинчук, Е.Е. Егорова, Г.В. Киргизов, И.Е. Ревин, Р.В. Титов, Д.А. Аминев, А.А. Хватов

Избранные публикации: Revin I. et al. Automated machine learning approach for time series classification pipelines using evolutionary optimization // Knowledge-Based Systems. – 2023. – Т. 268. – С. 110483.

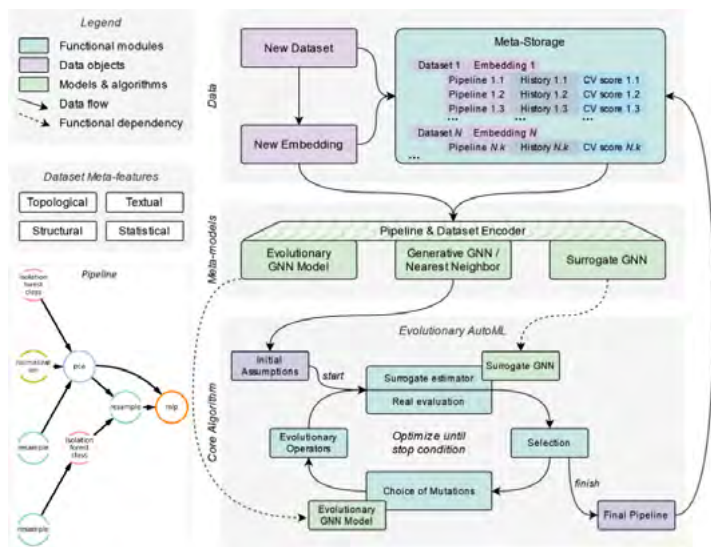


Рис. 22. Структура разработанного модульного метода мета-автоматического машинного обучения, позволяющего быстро и эффективно создавать различные типы моделей (пайплайны машинного обучения, Байесовские сети, модели в форме дифференциальных уравнений)

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

1. Установка экспрессного теплового контроля качества турбинных лопаток турбовентиляторных двигателей

Для проведения неразрушающего контроля трещин к металлическим турбинным лопаткам, а также жаропрочном керамическом покрытии турбинных лопаток используют капиллярный метод контроля, включающий в себя трехфазную процедуру испытаний и требующий значительных временных и трудовых затрат. Разработанная установка теплового контроля обеспечивает выявление трещин к металлическим турбинным лопаткам, а также в покрывающем их керамическом покрытии с высокой производительностью и достоверностью, а именно на контроль одной из двух сторон лопатки требуется 30 секунд, что позволяет проводить контроль до 150 турбинных лопаток в рабочую смену. Получаемые результаты сопоставимы с результатами капиллярного контроля, кроме того, часть дефектов турбинных лопаток выявляется только при использовании установки теплового контроля.

Разработанная установка представляет собой законченный комплекс, оборудованный компьютером и специализированным программным обеспечением для обработки результатов контроля с построением карты дефектов и формирования отчета по контролю, содержащего инфракрасные термограммы и таблицу с выявленными дефектами, их размерами и координатами расположения. Установка внедрена на одном из предприятий АО «Объединённая двигателестроительная корпорация».

Внешний вид установки экспрессного теплового контроля качества турбинных лопаток турбовентиляторных двигателей приведен на Рис. 23.

Авторы: к.т.н. Чулков А.О., д.т.н. Вавилов В.П., к.т.н. Нестерук Д.А.

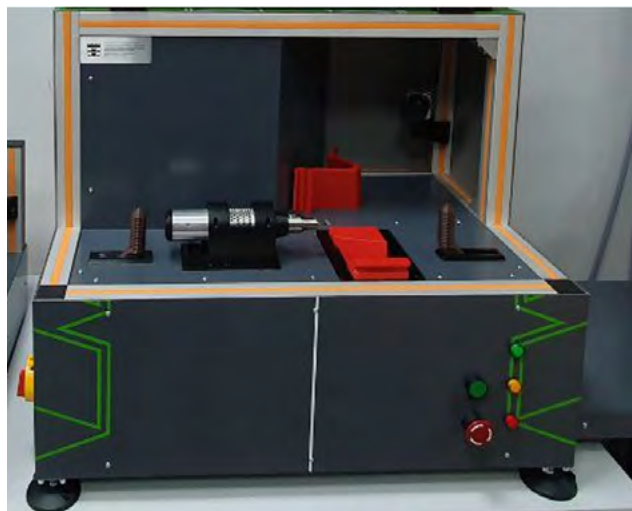


Рис. 23. Установка экспрессного теплового контроля качества турбинных лопаток турбовентиляторных двигателей

2. Текстильная электроника с использованием обработанных лазером гибридных волокон графен/полимер

Представлен новый и простой способ лазерной интеграции графена с синтетическими тканями для создания гибких и носимых сенсорных платформ. Разработанные коллективом материалы демонстрируют высокую электропроводность ($87,6 \pm 36,2$ Ом/кв. м) за счет лазерного восстановления оксида графена на поверхности текстиля. Образование композита между графеном и нейлоном обеспечивает стойкость материалов к воздействию звуковой обработки и стирки с применением моющих средств.

Стоит отметить, что данные композиты можно использовать в готовом виде без дополнительной инкапсуляции. Разработанный текстильный материал успешно регистрирует мышечную активность, сердцебиение и голос. Кроме того, данный материал может быть использован как датчик управления жестами и электротермический нагреватель, встроенные в коммерческую перчатку.

Авторы: А.А. Липовка, М.И. Фаткуллин, С.В. Щаденко, И.С. Петров, А.П. Чернова, Е.В. Плотников, В.А. Мензелинцев, С. Ли, Л. Квай, Р.Д. Родригес, Е.С. Шеремет.

Публикация:

Lipovka, A.; Fatkullin, M.; Shchadenko, S.; Petrov, I.; Chernova, A.; Plotnikov, E.; Menzelintsev, V.; Li, S.; Qiu, L.; Cheng, C.; Rodriguez, R. D.; Sheremet, E. Textile Electronics with Laser-Induced Graphene/Polymer Hybrid Fibers. ACS Appl. Mater. Interfaces 2023, 15 (32), 38946–38955.

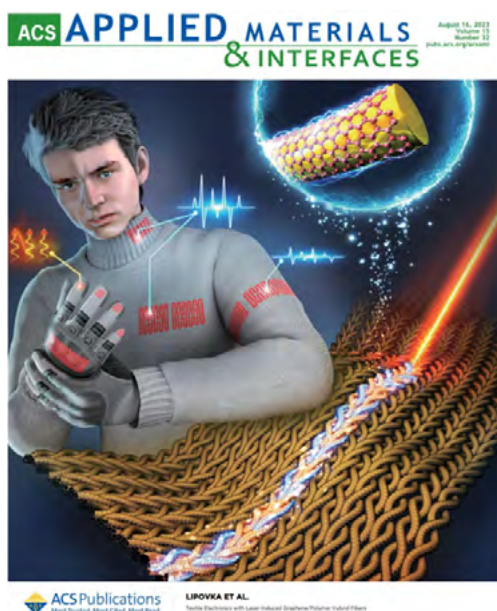


Рис. 24. Обложка журнала ACS Applied Materials & Interfaces на которой схематично представлены разработанные композиты ВОГ/нейлон, используемые в качестве носимых датчиков

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

1. Первый отечественный тандемный трехквadrupольный масс-спектрометр.

В рамках федерального проекта «Развитие отечественного приборостроения гражданского назначения для научных исследований» в НИЯУ МИФИ создан прототип отечественного тандемного трехквadrupольного масс-спектрометра с ионизацией электрораспылением (Рис. 25), экспериментально подтверждена достижимость основных заявленных характеристик в рамках предложенной конструкции.

Параметры прибора:

№ п/п	Наименование параметра	Единица измерения	Значение
1	Диапазон массовых чисел, m/z	а.е.м.	от 5 до 1250
2	Разрешение (по 609 а.е.м.), не хуже	а.е.м.	0,7
3	Точность определения молекулярной массы, не хуже	Да	0,1 – 0,2
4	Динамический диапазон, не менее	-	1E+05
5	Остаточное давление в вакуумной камере, не более	Торр	2E-05
6	Минимальное время мониторинга заданной реакции	мс	1

Прибор предназначен для направленного количественного анализа в области научных исследований, медицины, токсикологии, мониторинга пищевых продуктов, ветеринарии, криминалистики, фармацевтики, экологического мониторинга.

Прибор обеспечивает отношение сигнал/шум не хуже 104 для 1 пг резерпина в ацетонитриле по переходу от m/z 609 к m/z 195.

Автор: А.А. Сысоев



Рис. 25. Прототип тандемного трехквadrupольного масс-спектрометра с ионизацией электрораспылением (ТТМС).

2. Архитектура и метод применения разветвленной генеративной нейронной сети, предназначенной для восстановления трёхмерных световых распределений с цифровых голограмм

Предложены архитектура (Рис. 26) и метод применения разветвленной генеративной нейронной сети, предназначенной для восстановления трёхмерных световых распределений с цифровых голограмм. Нейросеть обеспечивает возможность одновременного восстановления набора двумерных сечений трёхмерного светового распределения (сцены), зарегистрированного на голограмму. На вход сети подается голограмма, на выходе, имеющем разветвленную структуру, генерируются изображения слоёв восстановленного распределения. Метод экспериментально апробирован. Схема записи цифровых диаграмм и пример изображений приведены на Рис. 27 и Рис. 28.

Разработка позволяет быстро и достаточно точно оценивать 3D-форму и другие пространственные характеристики различных микро- и макрообъектов и структур (в т.ч. прозрачных) при решении задач биомедицинских технологий, фотоники и оптических технологий и пр.

Авторы: А.С. Свистунов, Д.А. Рымов, П.А. Черёмхин, Р.С. Стариков.

Публикация:

Svistunov, Andrey S., Dmitry A. Rymov, Rostislav S. Starikov, and Pavel A. Cheremkhin. 2023. "HoloForkNet: Digital Hologram Reconstruction via Multibranch Neural Network" Applied Sciences 13, no. 10: 6125. <https://doi.org/10.3390/app13106125>

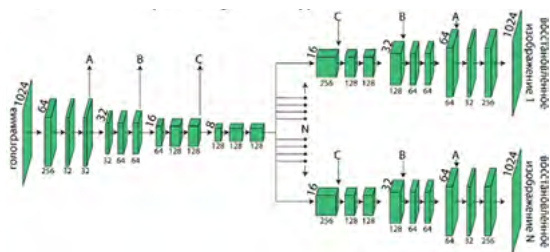


Рис. 26. Архитектура нейросети

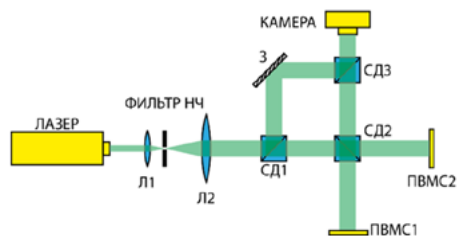


Рис. 27. Схема записи цифровых голограмм: З – зеркало, СД – светоделитель, Л – линза, ПВМС – пространственно-временной модулятор света

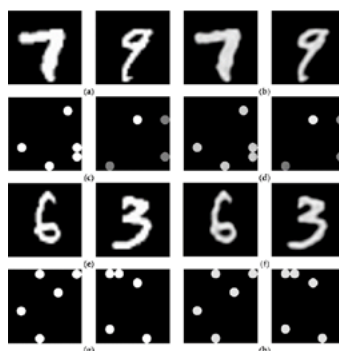


Рис. 28. Пример изображений в сечениях трёхмерной сцены записанной на голограмму (а,с,е,г) и их копии, восстановленные нейронной сетью (b,d,f,h)

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

1. Ручной автономный «Тканевой пистолет» для сшивания ран и мягких тканей в полевых условиях

Разработано ручное автономное устройство двухкомпонентной биопечати для лечения раневых поверхностей «Тканевой пистолет» (Рис. 29), для которого проведены доклинические исследования на мышах на базе НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина, проведены доклинические исследования на крысах, а также протестировано использование на пациентах с применением гидрогелевых композиций ООО «Колетекс» на базе ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации. Устройство предназначено для обработки раневых дефектов с целью ускорения регенеративных процессов при поверхностных ранениях различной степени тяжести. Возможно использование «Тканевого пистолета» при первичном закрытии ожогов, лечении ожогов II–III АБ степени, инфицированных ран, а также ран с болевым синдромом. Принцип работы «Тканевого пистолета» заключается в контролируемом нанесении альгинатсодержащих активных компонентов через гибкую лопатку в область ранения с параллельной сшивкой поверхностного слоя активного компонента при помощи ультразвукового распылителя. Гибкие лопатки позволяют наносить материалы на ранения различной площади и типа. Материал, используемый при производстве лопаток на основе медицинского полиуретана, снижает риск механического повреждения обрабатываемого ранения. При необходимости нанесенный гидрогелевый материал можно легко и атравматично удалить.

В настоящее время ведутся переговоры с ООО «Колетекс» и АО «Ижевский завод «Аксион-холдинг» о производстве продукта. Ведутся переговоры с Росздравнадзором по поводу регистрации тканевого пистолета как медицинского изделия.

Авторы: Айдемир Т., Миронов В.А., Сенатов Ф.С., Хесуани Ю.Д., Петров С.В., Кудан Е.В.

Публикация:

Патент на изобретение № 2793065 С1, 28.03.2023.



Рис. 29. Стандартная комплектация «Тканевого пистолета»

2. Спутниковая квантовая криптография

Традиционная криптография с открытым ключом зачастую полагается на вычислительную сложность определенных математических функций. В то время как квантовое распределение ключей (КРК) позволяет организовать защищенный канал связи, где информационная стойкость ключа шифрования гарантируется законами квантовой физики. Использование спутников для КРК на больших расстояниях имеют значительное преимущество перед оптоволоконными линиями связи с точки зрения потерь в канале связи, а с учетом отсутствия возможности бесшумно усилить квантовый сигнал, это становится определяющим фактором для квантовых коммуникаций в масштабах планеты.

В 2023 году одним из важнейших результатов работы коллектива стало проведение совместного эксперимента по квантово-защищенной передаче информации между Россией и Китаем с использованием первого в мире спутника для квантовой связи в качестве доверенного узла — *Micius*. Для этих целей разработана уникальная для России приемная наземная станция, которая позволила провести стабильные сеансы лазерной связи со спутником и декодировать квантовые состояния одиночных фотонов. В результате, используя полученный секретный ключ, научные коллективы из Китая и России обменялись монохромными зашифрованными изображениями размером 256×64 пикселей.

Материалы эксперимента размещены на портале ArXiv [arxiv.org/abs/2310.17476].

Кроме того, в рамках этих работ была опубликована полуэмпирическая модель квантового распределения ключей со спутником для реалистичных приемников.

Другим важным результатом коллектива стал космический аппарат «Импульс-1» (6U CubeSat), разработанный совместно с промышленными партнерами и запущенный 27 июня 2023 года с космодрома «Восточный» в составе кластера малых спутников «УниверСат-2023». Целью данного аппарата является демонстрация технологии спутникового КРК на базе малых космических аппаратов формата CubeSat, а именно, отработка отдельных узлов передатчика системы КРК (система точного оптического наведения, управляющая электроника) и тестирование канала оптической лазерной связи «Космос-Земля».

Полученные результаты обладают практической значимостью для отечественной науки и ожидается, что, в дальнейшем, они позволят стать ближе к созданию высокоскоростных квантово-защищенных спутниковых систем связи в России.

БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Новый металломатричный композит на основе жаропрочного титанового сплава.

Новизна и значимость: Новый металломатричный композит на основе жаропрочного титанового сплава с высокими показателями прочности при температурах деформации 600-950°C и приемлемыми характеристиками пластичности при комнатной и повышенных температурах.

Композиты с металлической матрицей сплава ВТ20 (Ti-6,5Al-2Zr-1Mo-1V), армированные боридами, образующимися *in situ*, были получены методом вакуумно-дугового переплава с использованием различного количества TiB₂ (0,7, 2 и 3 вес. %) в исходной шихте. В литом состоянии полученные литые композиты имеют двухфазную α/β матрицу с распределенными в ней боридными частицами. Частицы боридов имеют игольчатую форму с призматическим поперечным сечением, грани TiB созданы плоскостями (100), (101) и (10-1). Средний размер поперечного сечения боридов составил $\sim 1,0$, $\sim 1,2$ и $\sim 2,6$ мкм для состояний с 0,7, 2 и 3 вес. % TiB₂, соответственно. Значения средней кажущейся длины боридов составили ~ 10 , ~ 11 и ~ 26 мкм для трех состояний, соответственно. Объемная доля боридов в структуре трех вариаций композитов составила $\sim 2,0$, $\sim 6,0$ и $\sim 10,0$ %, соответственно. Неармированный литой сплав Ti-6,5Al-2Zr-1Mo-1V при комнатной температуре продемонстрировал предел текучести, пиковую прочность и пластичность при сжатии 800 МПа, 1350 МПа и 16 %, соответственно. Добавление боридов привело к увеличению прочности на 15-35% без видимого снижения пластичности. Литой композит с 0,7 вес. % TiB₂ показал значения предела текучести - 920 МПа, пиковой прочности - 1620 МПа и пластичности 17 %. Добавление 2 вес. % TiB₂ привело к дальнейшему росту прочностных показателей – 1020 и 1720 МПа, соответственно, пластичность составила 15 %. Сплав с наибольшим количеством армирующего компонента 3 вес. % TiB₂ достиг предела текучести 1100 МПа, пикового предела прочности 1670 МПа и пластичности при сжатии 10 %. В ходе сжатия при 400°C образцы всех состояний литых композитов, включая неармированный сплав Ti-6,5Al-2Zr-1Mo-1V, разрушались при значениях деформации $\sim 15-20$ %; при этом значения предела текучести варьировались от 470 МПа для неармированного сплава до 700-750 МПа для композитов. Аналогичная тенденция в прочностных свойствах наблюдалась для температур деформации 600° и 800°C. Более высокие значения предела текучести для состояния композита с 3 вес. % TiB₂ при деформации при 900° или 950°C; значения предела текучести композита при 900° и 950°C составили 110 и 70 МПа соответственно, в то время как аналогичные значения для неупрочненного сплава составляли 60 и 35 МПа.

Значимость полученного результата подтверждается публикацией в журнале «Metals» Q1 и поданной заявкой на патент.

Прогноз применения: Авиационное машиностроение.

Авторы: Озеров М.С., Соколовский В.С., Жеребцов С.В.

Публикации:

Maxim Ozerov, Vitaly Sokolovsky, Alexander Galtsev, Nikita Stepanov, Sergey Zherebtsov, Mechanical behavior and microstructure evolution of Ti-6.5Al-2Zr-1Mo-1V/TiB metal-matrix composites during deformation, Materials Research Proceedings, Vol. 32, pp 280-286, 2023.

Ozerov, M.; Stepanov, N.; Sokolovsky, V.; Astakhov, I.; Klimova, M.; Galtsev, A.; Huang, L.; Zherebtsov, S. Deformation Behavior and Microstructure Evolution of a TiB-Reinforced Ti-6.5Al-2Zr-1Mo-1V Matrix Composite. Metals 2023, 13, 1812.

Получены охраняемые документы на РИД:

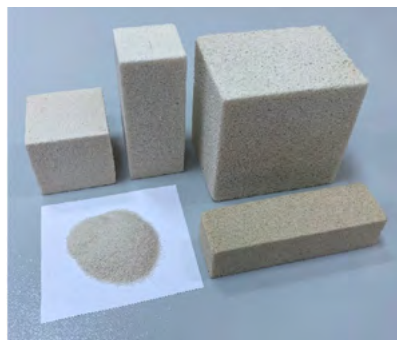
Подана заявка на патент № 2023123069 от 05.09.2023 «Металломатричный композит на основе жаропрочного титанового сплава», авторы Озеров М.С., Соколовский В.С., Астахов И.И., Степанов Н.Д., Жеребцов С.В.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.П. ОГАРЕВА

Разработка и внедрение энергоэффективных экологически чистых строительных материалов с высокой максимальной температурой эксплуатации, термической и химической стойкостью, полученных на основе кремнистых и карбонатных пород и добавок отечественного производства за один нагрев исходного сырья.

По итогам проведенных исследований в 2023 г. установлено влияние химического и минералогического состава шихты из кремнистых (цеолитсодержащих) пород и корректирующих добавок на процессы вспенивания и кристаллизации образцов пористой стеклокерамики при нагревании.

Пористые стеклокерамические материалы получены методом порошкового вспенивания из шихты на основе кремнистых пород разного химического и минералогического состава, кальцинированной соды и корректирующих добавок ($Mg(OH)_2$, $MgCO_3$ и Al_2O_3). Компоненты шихтовой смеси совместно размалывали в планетарной шаровой мельнице и обжигали. Термическим, рентгенофазовым и другими методами анализа установлено влияние добавок, а также химического и минералогического состава кремнистых пород на процессы вспенивания и кристаллизации образцов пористой стеклокерамики при нагревании:



– Спекание образцов шихтовой смеси без кальцита в составе завершается при температуре обжига до $\approx 680^\circ C$, а с кальцитом и добавками до $\approx 660^\circ C$. С увеличением температуры обжига шихты до спекания увеличивается количество аморфной фазы в образце. Дальнейшее увеличение температуры обжига приводит к размягчению аморфной фазы и вспениванию шихты. Образцы шихты без кальцита и корректирующих добавок в составе вспениваются медленно в интервале температур $680-820^\circ C$. Вспенивание образцов шихты с кальцитом начинается при температуре $\approx 660^\circ C$. Процесс протекает интенсивно и завершается при температуре $\approx 760^\circ C$.

– Химический и минералогический состав кремнистой породы, а также добавки ($Mg(OH)_2$, $MgCO_3$ и Al_2O_3) в составе шихтовой смеси оказывают существенное влияние на температурные интервалы кристаллизации и фазовый состав образцов пористой стеклокерамики. Из шихтовой смеси на основе кремнистых пород и кальцинированной соды без кальцита и добавок получена анортитовая пористая стеклокерамика, из пород с кальцитом – волластонитовая и волластонито-комбеитовая стеклокерамики. При введении в состав шихтовой смеси магнийсодержащих добавок кристаллизуется диоксидовая стеклокерамика.

– Разработаны составы и предложены технологические решения получения

пористой стеклокерамики с кажущейся плотностью от 154,6 кг/м₃ до 298,4 кг/м₃, прочностью при сжатии от 0,84 МПа до 3,31 МПа, прочностью при изгибе от 0,57 МПа до 1,52 МПа, с максимальной температурой эксплуатации от 840°C до 870°C.

Применение: Разработанные пористые стеклокерамические материалы рекомендуется использовать в качестве конструкционно-теплоизоляционного материала при строительстве жилых зданий и объектов промышленного назначения, а также в качестве теплоизоляции различного промышленного оборудования (плавильных котлов, печей и др.) и трубопроводов.

Исследования ведутся в рамках гранта РФФИ «Проведение исследований научными группами под руководством молодых ученых» №21-79-10422 (2021-2024 гг.) и по программе Минобрнауки России «Приоритет 2030».

Руководитель: Родин А. И.

Ссылки: <https://doi.org/10.34910/MCE.121.9>, <https://doi.org/10.57728/ALF.26.5>, https://doi.org/10.54734/20722958_2023_2_4.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИЭТ»

Высокочастотный нитридгаллиевый транзистор с тонким AlN барьером на кремниевой подложке

Развитие современных радиолокационных систем (АФАР, AESA) и средств мобильной (5G, 6G) и спутниковой радиосвязи связано с расширением диапазона рабочих частот и увеличением плотности мощности приёмо-передающей аппаратуры. Эти инженерные задачи решаются переходом на нитридгаллиевую элементную базу. Типовые коммерческие нитридгаллиевые СВЧ транзисторы изготавливаются на основе гетероструктур с AlGaIn барьерным слоем. Для усилителей высокой мощности, работающих на частотах выше 30 ГГц, требуется масштабирование транзистора до малой длины затвора (менее 200 нм) и тонкого барьерного слоя (менее 7 нм) при сохранении высокой эффективности добавленной мощности в сочетании с высокой выходной мощностью в миллиметровом диапазоне длин волн. В транзисторах с AlGaIn барьерным слоем подобное масштабирование увеличивает негативный эффект короткого канала, сопротивление канала и токи утечки в затвор.

Для промышленного освоения частотного диапазона выше 30 ГГц научным коллективом МИЭТ совместно с НТЦ Микроэлектроники РАН и АО «НПП «Исток» им. Шокина» создан СВЧ транзистор на основе гетероструктуры с тонким AlN барьерным слоем.

AlN обладает большей спонтанной поляризацией и шириной запрещённой зоны по сравнению с AlGaIn. Это позволяет увеличить плотность тока стока до 2 А/мм. Применение тонкого AlN в сочетании с частичным удалением кремниевой подложки позволяет увеличить рабочую частоту и крутизну, достичь напряжений пробоя выше 1000 В и понизить сопротивление транзистора в открытом состоянии.

Уменьшение длины затвора было выполнено за счет использования Т-образных затворов с коротким основанием (менее 200 нм) и большой головкой. Улучшения ка-

чества омических контактов (сопротивление контакта менее 0,2 Ом мм) достигнуто за счет разработки технологии эпитаксиального наращивания n^+ GaN. Улучшение технологии пассивации поверхности позволило уменьшить захват носителей.

Технология изготовления СВЧ транзисторов с тонким AlN барьером обладает экономической эффективностью и потенциалом для широкого внедрения на рынке из-за возможности выращивания приборной гетероструктуры на кремниевых подложках диаметром 150 мм.



Рис. 30. Фотография и схематичное изображение высокочастотного нитридгаллиевого транзистора с тонким AlN барьером на кремниевой подложке

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

1. Разработка и экспериментальное обоснование механических характеристик конструкций из клееной древесины и их соединений.

Впервые получены экспериментально обоснованные данные о механических характеристиках узловых соединений многослойных клееных деревянных конструкций, а также проведены испытания на циклическое воздействие элементов конструкций из клееной древесины (Рис. 31).

Новизна результата: На современном этапе развития деревянного домостроения отсутствуют методы расчета узловых соединений деревянных конструктивных элементов, учитывающие специфические свойства многослойных клееных деревянных конструкций (сопротивление смятию при действии местной сосредоточенной нагрузки, пластические свойства многослойной клееной древесины при действии местной сосредоточенной нагрузки, сопротивление расслоению при действии локальных нагрузок). Результаты экспериментально-теоретических исследований, выполненных НИУ МГСУ, формируют основу для разработки методов их расчета и проектирования.

Значимость результата: Результаты НИОКР направлены на развитие применения изделий из клееной древесины в деревянном домостроении, что обеспечивает расширение применения новых видов деревянных конструкций в строительстве.

Прогноз применения: Полученные результаты являются основанием для разработки методов расчета конструкций из многослойной клееной древесины, а также разработки методов расчета и проектирования многоэтажных зданий с конструкциями из многослойной клееной древесины.

Авторы: Туснин А.Р., Корнев О.А., Федоров М.В., Какуша В.А., Линьков Н.В.
Публикации:
<https://elibrary.ru/item.asp?id=50433193>



Рис. 31. Испытание образца из клееной древесины на циклическое воздействие

2. Разработка и экспериментальное обоснование применения композитной арматуры в сжатых элементах конструкций зданий и сооружений.

Сущность результата: Впервые в мировой практике разработаны и научно обоснованы методы применения (включая расчет и конструирование) композитной арматуры для армирования сжатых элементов, эксплуатирующихся в условиях среды с повышенной коррозионной агрессивностью.

Новизна результата: До настоящего времени существующие методы применения композитной арматуры в строительных конструкциях ограничивались исключительно изгибаемыми и растянутыми конструкциями, что существенно ограничивало применение коррозионностойких композитных материалов для армирования элементов несущих систем в средах с повышенной агрессивностью. Экспериментальными исследованиями, выполненными в НИУ МГСУ, обоснована возможность применения композитной арматуры в сжатых элементах конструкций и установлена их высокая надежность. Разработаны методы расчета и проектирования жатых и внецентренно-сжатых элементов, армированных композитной арматурой, что обеспечивает возможность широкого практического применения результатов исследований в практике строительства.

Значимость результата: Сложившаяся практика с ограничением применения коррозионностойких современных композитных материалов для армирования сжатых элементов конструкций приводит к необходимости использования традиционной стальной арматуры для армирования сжатых конструкций, эксплуатирующихся в условиях среды с повышенной коррозионной агрессивностью, что, в свою очередь, снижает межремонтные сроки эксплуатации таких конструкций и увеличивает стоимость конструкции за счет необходимости применения мероприятий по антикоррозионной защите стальной арматуры. Реализация предложенной методики расчета и проектирования сжатых элементов конструкций, армированных композитной арматурой, находящихся в условиях агрессивных сред, позволит существенно повысить коррозионную стойкость таких конструкций и их долговечность.

Прогноз применения: Одними из перспективных областей применения композитной арматуры, где могут быть реализованы её антикоррозионные свойства, являются колонны причалов, силосов, бункеров, очистных и других сооружений, находящихся в условиях агрессивных сред.

Авторы: Лапшинов А.Е., Корнев О.А.

Публикации:

[https://mgsu.ru/science/Dissoveti/Zashita_dissert/53626/;](https://mgsu.ru/science/Dissoveti/Zashita_dissert/53626/)

[https://zenodo.org/records/8161100.](https://zenodo.org/records/8161100)

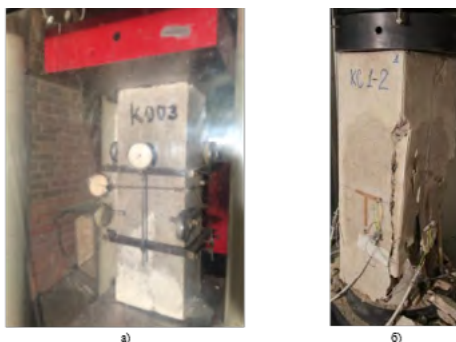


Рис. 32. Образец бетонной конструкции, армированной стеклокомпозитной арматурой: а) до испытания, б) после испытания

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

1. Новые данные о структуре и устойчивости течений в условиях сопряженного теплообмена в жидкометаллических системах охлаждения применительно к ядерной и термоядерной энергетике

Верифицированным методом LES исследован теплообмен в конфигурации опускающего течения ртути в круглой обогреваемой стальной трубе диаметром

$D^* = 19$ мм, толщиной стенки $\delta w^* = 0.5$ мм в поперечном магнитном поле (Рис. 33) и значениях чисел Рейнольдса, Грасгофа и Гартмана $Re = 10^4$, $Gr_0 = 6 \cdot 10^7$ и $Ha = 300$. Рассмотрены возможные варианты сопряженной постановки задачи: **(а)** без учета теплофизических и электрофизических свойств стенки, **(б)** с учетом реальных свойств стенки, **(в)** с учетом электрического сопротивления пленки загрязнений между жидкостью и стенкой (Рис. 34). Определено, что при относительно низком электрическом сопротивлении пленки загрязнений (вариант **в**) частота пульсаций температуры оказалась заметно ниже, чем в варианте **(а)**. В отсутствие контактного электрического сопротивления **(б)** пульсации скорости и температуры не обнаружены.

Сущность: Получены новые данные о влиянии физических свойств стенки и возможных отложений на её внутренней поверхности на аномальные магнито-конвективные пульсации температуры, возникающие в потоке жидкого метал-

ла при течении в обогреваемых трубах под воздействием магнитного поля.

Новизна и значимость: Результаты позволяют выявить влияние оксидных пленок на внутренней стенке каналов на мгновенные и осредненные поля скорости жидкости, а также температуры, электрического потенциала и токов в жидкости и стенке. Определение критического значения электрического сопротивления оксидной пленки, при котором возникают аномально высокие магнито-конвективные пульсации температуры жидкого металла.

Работа мотивирована обнаружением в последнее десятилетие экспериментальными и численными методами аномальных высоких пульсаций температуры при течении жидкометаллического теплоносителя в трубах и каналах при условиях, приближенных к условиям течения и теплообмена жидкого металла (PbLi alloy и др.) в blankets реакторов типа токамак. Возникновение таких колебаний температуры в каналах охлаждения blanketа термоядерного реактора создает угрозу прочности для стенок каналов.

Прогноз применения: Для обоснования проектирования жидкометаллических систем охлаждения термоядерного реактора-токамака, в том числе для верификации кодов и обоснования проектных решений для ядерной и термоядерной энергетики.

Авторы: Артемов В.И., Макаров М.В., Яньков Г.Г., Минко К.Б.

Публикация:

V.I. Artemov, M.V. Makarov, G.G. Yankov, K.B. Minko, Numerical Investigation of the Effect of the Wall Properties on Downward Mercury Flow and Temperature Fluctuations in a Vertical Heated Pipe under a Transverse Magnetic Field, International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 218, 2024, 124746

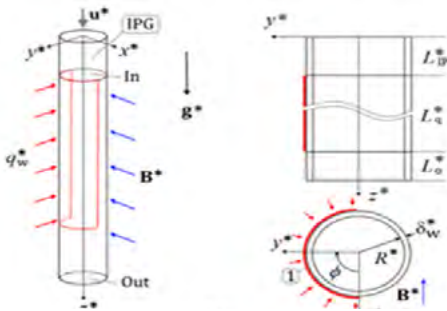


Рис. 33. Схема исследуемой области

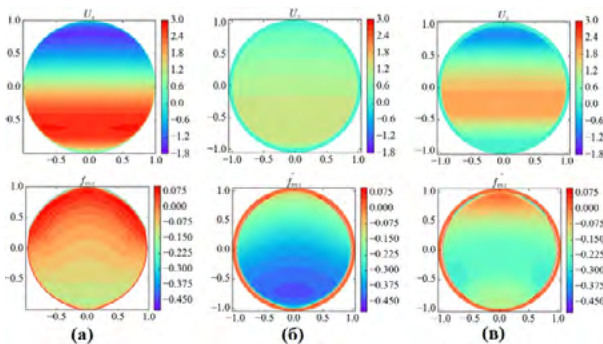


Рис. 34. Поля продольных компонент скорости и силы Лоренца в сечении $z = 67$ на диаметрах $y = 0$ и $x = 0$. $Re=10^4$, $Gr_0 = 6 \cdot 10^7$, $Ha=300$.

2. Результаты исследований влияния расхода кислорода на скорость осаждения покрытия на основе Zr-Y при магнетронном распылении с охлаждаемой мишенью

Проведена серия экспериментов по определению парциальных давлений аргона и кислорода и получению покрытий из мишени Zr(92%)-Y(8%) при различных мощностях магнетронного разряда и расходах кислорода (Рис. 35а). Выявлено, что при увеличении расхода кислорода для каждой выбранной мощности магнетронного разряда, на начальном металлическом режиме, парциальное давление кислорода близко к нулю, а затем скачкообразно увеличивается, система переходит в окисленный режим, при котором имеет место наличие оксидной пленки на мишени. При последующем снижении расхода кислорода парциальные давления обоих газов восстанавливаются до исходных значений не сразу, а при расходах кислорода существенно меньших, чем при первоначальном переходе из металлического режима к окисленному. Экспериментально установлено, что при переходе из металлического режима в окисленный, скорость осаждения оксидного покрытия снижается более чем в 10 раз (Рис. 35б).

Сущность: Исследования направлены на разработку технологических основ и технических решений по формированию и изучению характеристик термобарьерных покрытий, получаемых с помощью современных систем магнетронного распыления.

Новизна: Выявлено, что для серийного производства по нанесению керамических слоев термобарьерных покрытий магнетронные распылительные системы с охлаждаемой мишенью использовать неэффективно. Применение магнетронных распылительных систем с «горячей» мишенью может позволить обеспечить скорость осаждения керамических слоев покрытий на уровне скорости осаждения покрытий для металлического режима.

Значимость: Полученные результаты могут быть использованы для разработки усовершенствованных способов формирования термобарьерных покрытий с использованием магнетронных распылительных систем.

Прогноз применения: Разработка термобарьерных покрытий нового поколения для элементов горячего тракта современных отечественных энергетических газовых турбин.

Авторы: Качалин Г.В., Медников А.Ф., Медведев К.С., Бычков А.И., Зилова О.С.

Публикация:

Качалин Г.В., Медников А.Ф., Медведев К.С., Бычков А.И., Зилова О.С. Изучение влияния расхода кислорода на скорость осаждения покрытия на основе Zr-Y при магнетронном распылении с охлаждаемой мишенью // Труды 30-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА и ТЕХНОЛОГИИ – 2023», Санкт-Петербург, 20–22 июня 2023 г., с. 108-113.

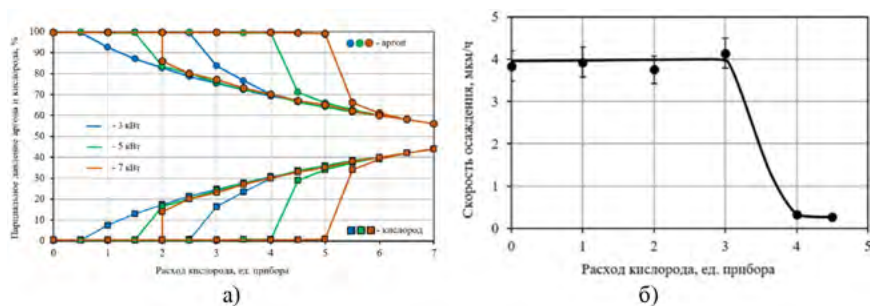


Рис. 35. Зависимости парциальных давлений аргона и кислорода для различных мощностей магнетронного разряда от расхода кислорода (а) и зависимость изменения скорости осаждения покрытия в зависимости от расхода кислорода (б)

3. Научно-технические основы создания многопоточных теплообменных аппаратов на сверхкритическом диоксиде углерода

Исследованы процессы теплопереноса в среде сверхкритического диоксида углерода. В рамках исследования предложены схема и компоновка многопоточного теплообменника, работающего на углекислотном теплоносителе, а также варианты перспективных поверхностей нагрева, снабженных турбулизаторами потока. Получены новые научные результаты и разработаны решения, обеспечивающие высокую степень полезной утилизации теплоты, а также приемлемые массогабаритные характеристики регенератора кислородно-топливной энергетической установки.

Сущность: С использованием расчетных методов исследованы процессы теплообмена; определена рациональная схема взаимодействия греющих и нагреваемых потоков; разработаны формы высокоэффективных поверхностей нагрева; предложена компоновка регенеративной системы кислородно-топливной энергоустановки; разработан конструктивный облик многопоточного теплообменного аппарата, работающего на сверхкритическом диоксиде углерода.

Новизна: Разработан конструктивный облик многопоточного теплообменного аппарата для полезной утилизации различных источников теплоты кислородно-топливной энергоустановки, работающего на сверхкритическом диоксиде углерода при давлении 300 атм; предложены формы поверхностей нагрева теплообменного аппарата пластинчатого типа, снабженные турбулизаторами потока круглой и плавниковой форм.

Значимость: Применение результатов исследования позволит обеспечить эффективное и экологически безопасное производство электроэнергии без углеродных выбросов.

Прогноз применения: Переход на высокотемпературные энергетические комплексы с углекислотным рабочим телом позволит существенно снизить выбросы вредных веществ и парниковых газов в атмосферу со стороны электроэнергетики.

Авторы: Киндра В.О., Комаров И.И., Харламова Д.М., Наумова В.Ю., Максимов И.А.

Публикация:

Kindra V.O., Komarov I.I., Kharlamova D.M., Naumov V.Yu., Maksimov I.A. Development and investigation of the advanced oxy-fuel power plants equipment preliminary design // Thermal Engineering. – 2023. – 70(10). – pp. 736-750.

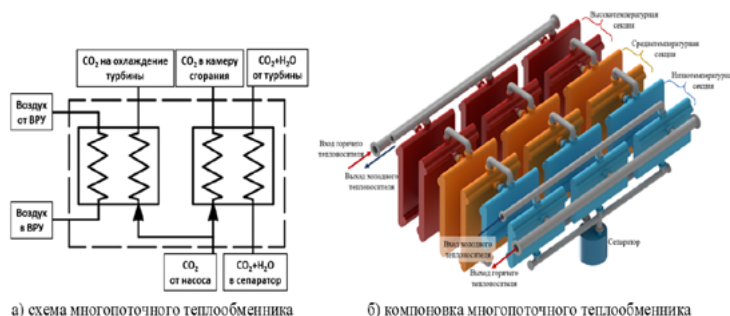


Рис. 36. Многопоточный теплообменный аппарат на сверхкритическом диоксиде углерода для работы в составе кислородно-топливной энергетической установки большой мощности

РОССИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Н.И. ПИРОГОВА

Моделирование новых веществ с нейротекторной активностью для коррекции и лечения нейродегенеративных нарушений ЦНС: синтез, *in silico* исследования и биологическая активность

Исследование связано с разработкой новых методов направленного синтеза потенциально биологически активных соединений с фрагментами аминокислот, циклических производных аминокислот, амидов пиридинкарбоновых, жирных кислот, лактамов, азот- и кислородсодержащих гетероциклов с целью изучения особенностей их строения, реакционной способности и биологической активности. Спектр биологической активности включает ноотропную и нейротекторную активность при различных заболеваниях центральной нервной системы, в том числе нейродегенеративных заболеваний ЦНС, таких как болезнь Паркинсона.

Болезнь Паркинсона (БП) является вторым по распространенности хроническим нейродегенеративным заболеванием после болезни Альцгеймера. Этиология развития заболевания в большинстве случаев остается неясной, а ключевые звенья патогенеза вызывают дискуссию у учёных. Современные методы лечения исключительно симптоматические и не способствуют регрессии заболевания. Поэтому разработка новых лекарственных средств для лечения болезни Паркинсона является важной и актуальной проблемой. Для решения этой острой проблемы необходимо создание валидных моделей болезни Паркинсона на лабораторных животных.

Разработаны 2 валидные модели болезни Паркинсона на лабораторных крысах с использованием интраназального введения 1-метил-4-фенил-1,2,3,6-тетрагидропиридина (МФТП) и стереотаксического введения липополисахарида (ЛПС) лабораторным крысам в черную субстанцию.

Разработана синтетическая схема, на основе которой получено 10 новых соединений, включающих фрагменты лактамов с различным размером цикла и аминосульфокислоты - гомотаурина. Изучено влияние, синтезированных ранее, аминосульфокислот под лабораторными шифрами VRF_11, 5-18 в концентрациях 0,5 и 0,1 мг/мл на цитокиновый профиль ЛПС стимулированных макрофагов методом проточной цитофлуориметрии. Также создана валидная воспалительная модель болезни Паркинсона на животных с использованием стереотаксического введения липополисахарида в черную субстанцию.

Синтезированы соли с 4-имидазолиновым циклом. У соединений с лабораторными номерами 3с, 3d, 3е, также была определена высокая вероятность наличия активности для лечения нейродегенеративных заболеваний.

В ходе работы были разработаны схемы синтеза ряда перспективных соединений, включающих фрагменты лактамов с различным размером цикла и аминосульфокислоты – гомотаурина.

Результаты анализа молекулярно-динамических симуляций мультилигандной системы MD2-TLR4 установили, что основное место связывания лиганда расположено в интерфейсе контакта MD2-TLR4; при связывании лиганд оказывает влияние на боковые цепи а.о. белков, и, как следствие, изменяет межмолекулярные контакты между а.о. MD2.

Применение новых средств с нейротропной активностью, способных улучшить состояние пациентов после перенесенных нарушений мозгового кровообращения, уменьшающих как неврологический дефицит, так и снижающих проявление постинсультных депрессий и паркинсонизма, а также, оказывающих положительное влияние на когнитивные функции, является одной из центральных задач современной психофармакологии.

Полученные в ходе работы результаты являются основой для начала клинических испытаний исследованных веществ.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

1. Новая технология повышения реальной производительности решения прикладных задач на основе моделей машинного обучения системы планирования загрузки СКЦ

В СПбПУ в Высшей школе технологий искусственного интеллекта разработана технология, направленная на повышение реальной производительности СКЦ путем более эффективного использования имеющихся аппаратных ресурсов за счет уменьшения энтропии прогноза времени выполнения прикладных заданий. Разработка реализована на базе гибридного суперкомпьютерного центра «Политехнический» с пиковой производительностью 3 Пфлопс, работающего в режиме центра коллективного пользования.

Новизна результата состоит в том, что существующая архитектура гибридного суперкомпьютерного кластера дополнена иерархической системой сбора данных для машинного обучения системы управления заданиями. Система позволяет

оперативно корректировать предиктивные оценки времени останова прикладных программ на основе расчета статистической функции выживания заданий, а также оценки эффективности работы алгоритма обратного распространения очереди, которая характеризует число успешно выполненных заданий на суррогатной модели компетенций пользователей, основанных на ретроспективных данных результатов его предыдущих расчетов.

Экспериментально показано, что без модификации аппаратных компонентов использование системы машинного обучения для распределения вычислительных ресурсов позволяет повысить реальную производительность СКЦ. При этом доля успешно завершенных прикладных заданий в контрольный интервал наблюдений возросла на 10-15 % в зависимости от используемых алгоритмов и ресурсов. В частности, доля ошибок исполнения сократилась с 41% до 33%, доля задач, снятых диспетчером SLURM – с 20% до 13%, доля успешных заданий увеличилась с 31% до 54%.

Разработанную технологию интеллектуального распределения имеющихся вычислительных ресурсов *можно использовать* для импортозамещения системного ПО при создании суперкомпьютерной инфраструктуры России, позволяющей радикально расширить масштабы применения методов суперкомпьютерного моделирования в различных отраслях промышленности. Кроме того, резко увеличивается возможность их интеграции с технологиями искусственного интеллекта и машинного обучения.

Руководитель проф., д.т.н. В.С. Заборовский В.С.

Публикация:

Zaborovsky, V. S., Utkin, L. V., Muliukha, V. A., & Lukashin, A. A. (2023). Improving Efficiency of Hybrid HPC Systems Using a Multi-agent Scheduler and Machine Learning Methods. *Supercomputing Frontiers and Innovations*, 10(2), 104–126. <https://doi.org/10.14529/jsfi230207>

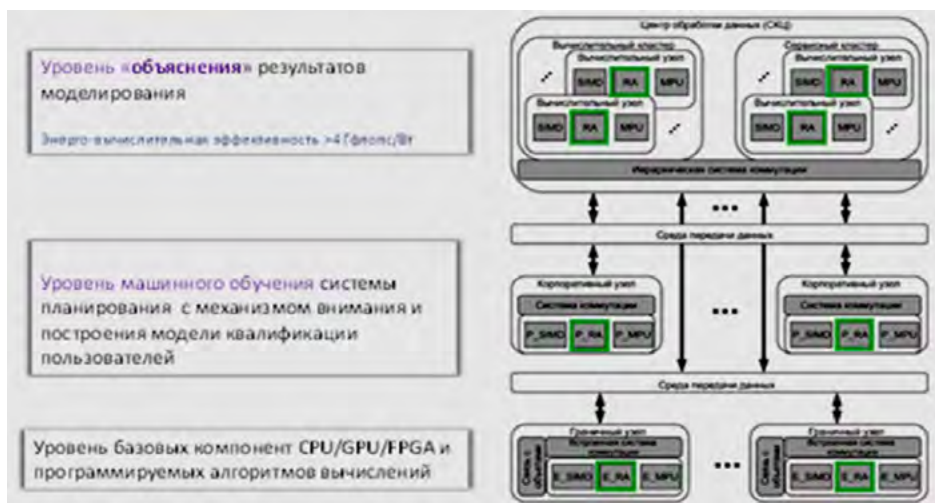


Рис. 37. Архитектура СКЦ со встроенной системой машинного обучения и объяснения

2. Управление энергетическими системами в условиях энергетического перехода

Декларированный в 2016 году и, происходящий в настоящее время энергетический переход, выдвигает требования к эффективному управлению энергетическими системами. Такое управление подразумевает необходимость моделирования и прогнозирования сценариев энергетического перехода, определения структуры генерации, распределения и потребления энергии (в национальных, региональных, отраслевых системах), обеспечения соответствующей сетевой и цифровой поддержки энергетических систем. Национальным экономикам, энергетическим системам различного уровня, предприятиям ТЭК и других отраслей (производство, транспорт) важно строить достоверные сценарии и прогнозы и формировать основанные на них эффективные решения по организации деятельности в сфере генерации, распределения и потребления энергии.

В ответ на описанную потребность в СПбПУ в лаборатории «Междисциплинарные исследования и образование по технологическим и экономическим проблемам энергетического перехода (CIRETEC-GT)» разработан комплексный подход к проектированию энергетических систем, включающий:

- методику моделирования и прогнозирования процессов энергетического перехода, учитывающую основные факторы, влияющие на структуру генерации, которая характеризуется все более заметной долей «RES-генерации» при соответствующем сокращении «thermal-генерации», а также реализующее эту методику ПО;

- модель архитектуры энергетической системы (адаптируемую для национального, регионального, уровня предприятий), включающую использование возобновляемых источников энергии;

- модель управления транспортными потоками в городской агломерации с учетом оперативных сведений о загрязнении воздуха и сценариев развития транспорта, которые формируются с использованием агентных моделей. Оперативное планирование маршрутов происходит с учётом данных о локальных загрязнениях.

Разработан уникальный теоретико-методологический, методический и программный комплекс по моделированию и проектированию энергоэффективных систем в области генерации, распределения и потребления энергии. В отличие от существующих локальных методик, авторский подход учитывает исчерпывающий комплекс факторов, влияющих на эффективность энергосистем, и предлагает целостную архитектурную модель современных энергосистем, включающую их сетевую и цифровую поддержку. Разработанное ПО позволяет производить прогнозы энергетического сектора на основе различных данных и с разными горизонтами планирования, проектировать на основе прогнозов комплексные архитектурные решения по организации и управлению энергетическими системами национально-го, регионального, отраслевого уровней и уровня отдельных предприятий.

Результаты будут использованы при разработке политик и стратегий развития ТЭК государственными органами, предприятиями, научно-исследовательскими институтами.

Руководитель - д.э.н. проф. Ильина И.В.

3. Разработка галогенидных перовскитных нанокристаллов и композиционных материалов на их основе

В институте машиностроения, материалов и транспорта СПбПУ синтезированы методом химического пересадения при комнатной температуре неорганические галогенидные перовскитные нанокристаллические порошки состава CsPbBr₃/Cs₄PbBr₆. Из синтезированных порошков и термопластичного полиуретана получены композиционные пленки. На Рис. 38 (а) представлен пример использования такой пленки в качестве люминесцентного покрытия. Светодиод имел максимум излучения на длине волны 405 нм, вызывал переизлучение композитной пленки с CsPbBr₃/Cs₄PbBr₆ в зеленой области спектра. На Рис. 38 (б) представлена зависимость интенсивности излучения от тока светодиода, имеющая линейный характер. При этом отсутствовали эффекты тушения температурной люминесценции, а сами пленки показали высокую стабильность излучательных свойств.

Новизна состоит в установлении закономерностей влияния объемов исходного раствора и неполярного растворителя (толуола) на состав, структуру и люминесцентные свойства образцов. Исследованы оптические свойства, включая спектры поглощения, возбуждения фотолюминесценции и спектры люминесценции. Порошки, полученные при соотношении смеси раствора к толуолу около 1:0,9, имели максимальный квантовый выход, что связано с формированием структуры, аналогичной ядро (Cs₄PbBr₆)-оболочка (CsPbBr₃).

Применение: Данный класс материалов по версии журнала *Science* входит в топ-10 прорывных технологий. Перовскитные нанокристаллы обладают особыми физико-химическими и функциональными свойствами – высокий коэффициент поглощения, дефектная стойкость, высокий квантовый выход фотолюминесценции (более 80%), узкие полосы излучения, что делает их идеальными кандидатами для фотонных и оптоэлектронных приложений: солнечные элементы, микро- и нанолазеры, фотодетекторы, полифункциональные устройства с перестраиваемыми полосами поглощения и излучения, сенсоры, апконверсионные преобразователи.

Публикации:

Afanaseva E., Klinkov V., et al. The Luminescent Properties of CsPbBr₃ Precipitated in Polyurethane. // 2023 International Conference on Electrical Engineering and Photonics (EExPolytech), 2023, pp. 336-339, doi: 10.1109/EExPolytech58658.2023.10318738.

L. Boudjemila, V. Davydov and V. Klinkov. Superlattices in CsPbBr₃ Nanocrystals Wavelength Dependent Impedance Spectroscopy(λ -IS). // 2023 International Conference on Electrical Engineering and Photonics (EExPolytech), 2023, pp. 410-413, doi: 10.1109/EExPolytech58658.2023.10318658.

V. Klinkov, E. Afanaseva, A. Semenchka et al., Spectral and Luminescent Properties of Borosilicate Glass with CsPbBr₃ Nanocrystals. // 2023 International Conference on Electrical Engineering and Photonics (EExPolytech), 2023, pp. 332-335.

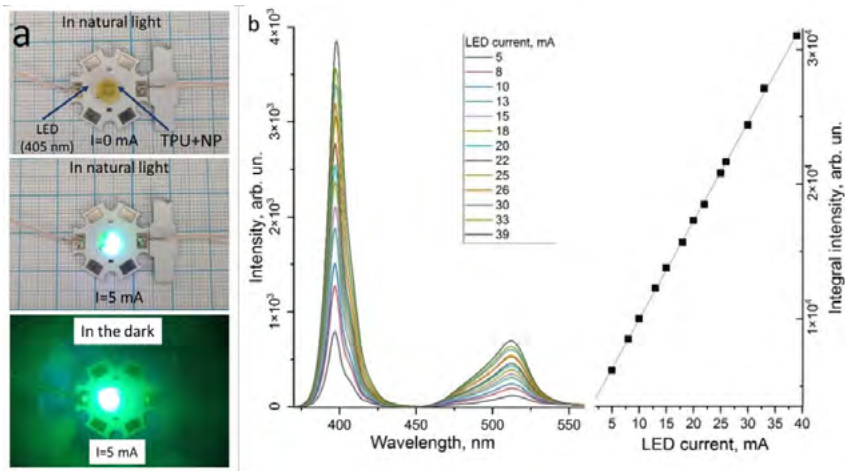


Рис. 38. Пример использования пленки в качестве люминесцентного покрытия (а), зависимость интенсивности излучения от тока светодиода (б)

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ЛЭТИ» ИМЕНИ В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)

Автономный источник питания

Новизна: Впервые синтезирован алгоритм управления четырехпроводным трехфазным обратимым преобразователем с учетом структурно-параметрической неопределенности обратимого фильтра низкой частоты с эффектом накопления энергии при работе в режиме выпрямителя для получения минимального суммарного коэффициента гармонических составляющих стабилизируемого напряжения нестационарной параметрически неопределенной нагрузки в условиях ограниченных управляющих воздействий.

Разработка комбинированных схмотехнических и конечно-элементных моделей обратимого преобразователя энергии с высокочастотной гальванической развязкой и магнитосвязными резонансными контурами, позволяющих синтезировать и исследовать алгоритмы частотного управления параметрами выходного напряжения с учетом коммутационных потерь в силовых полупроводниковых приборах и трансформаторно-реакторном оборудовании в условиях динамически изменяющихся параметров входных и выходных электрических цепей.

Применение: Проводимые исследования характеризуются практической составляющей:

1. Разработаны оригинальные схмотехнические решения источников бесперебойного питания, по которым поданы две заявки на изобретение.
2. Проведены масштабные исследования обратимого резонансного преобразователя постоянного напряжения в постоянное напряжение с регулируемыми параметрами с высокочастотной гальванической трансформаторной развязкой

посредством параметрического моделирования с целью формирования методики параметрического синтеза резонансных магнитосвязанных контуров, обеспечивающих минимальные потери мощности в силовых полупроводниковых приборах при частотном способе управления.

3. Проведены масштабные исследования обратимого трехфазного четырехпроводного преобразователя энергии (инвертора напряжения / активного выпрямителя) посредством параметрического моделирования с целью формирования практических рекомендаций минимизации массогабаритных характеристик дроссельно-реакторного оборудования при сохранении высокого качества формируемого напряжения сети в инверторном режиме и высокого значения коэффициента потребляемой мощности в выпрямительном режиме.

4. Проведены исследования электромагнитных и тепловых процессов в сетевых накопителях энергии с учетом разработанной конструкции с целью формирования практических рекомендаций по размещению электрооборудования преобразователя в ограниченном объеме и применении систем принудительного воздушного охлаждения.

Публикации:

R. M. Migranov, N. A. Dobroskok and E. A. Kocabiyik, "H-bridge Cascaded Voltage Source Inverter Virtual Synchronous Generator Control with Selective Harmonic Elimination," 2023 V International Conference on Control in Technical Systems (CTS), Saint Petersburg, Russian Federation, 2023, pp. 61-65, doi: 10.1109/CTS59431.2023.10288895.

Investigation of bidirectional three-phase four-leg converter with LCL filter / Nikita A. Dobroskok, Anastasiia D. Stotckaia, Ruslan M. Migranov, Victor S. Lavrinovskiy, Yuriy Yu Perevalov, Artem S. Melnikov, Vyacheslav K. Parmenov, Nazar V. Maslennikov // International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS) – второй раунд рецензирования в периодическом журнале из базы Scopus Q3 по направлению Electrical and Electronic Engineering, SJR2022 0.35, Open Access

Designing of Power CLLC Energy Converters Based on Numerical Simulation of Resonant Processes in Magnetically Coupled Circuits With the Development of Numerical Models of a High-Frequency Transformer / Yuriy Yu. Perevalov, Nikita A. Dobroskok, Anastasiia D. Stotckaia, Ilya S. Safonov, Artem S. Melnikov, Vyacheslav E. Parmenov, Nazar V. Maslennikov, Victor S. Lavrinovskiy, Ruslan M. Migranov // JOURNAL OF MODERN POWER SYSTEMS AND CLEAN ENERGY – рецензирование в периодическом журнале из базы Scopus Q1 по направлению Energy Engineering and Power Technology, SJR2022 1.91, Open Access

Уведомление о создании РИД, заявка на изобретение «Автономный источник питания» и заявка на изобретение «Источник бесперебойного питания».

КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.И. ВЕРНАДСКОГО

Модуль крепления полуригидных уретерореноскопов, нефроскопов различных фирм в «роботической руке», позволяющее удерживать и при необходимости вращать уретерореноскоп.

Создан модуль крепления полуригидных уретерореноскопов, нефроскопов различных фирм в «роботической руке», с помощью специального устройства (хомута), позволяющее удерживать и, при необходимости, вращать уретерореноскоп. Так же в комплексе с устройством крепления спроектирована система автоматического удержания и подачи оптического волокна через медицинский инструмент непосредственно в рабочую зону с быстроразъёмным соединением и устройство управления оттоком раствора из рабочей зоны инструмента (Рис. 39).

Последние два устройства управляются с помощью джойстика-рукоятки эргономичной формы (Рис. 40), на которой закрепляется управляющий элемент робота-ассистента (джойстик). Исполнительные механизмы соединены с рукояткой через разъёмные электрические коннекторы.

Новизна: Данные устройства являются уникальной разработкой в области медицинских наук на территории Российской Федерации, так как они позволяют провести гольмиевую уретеролитотрипсию с применением робота, что улучшает точность, исключает тремор рук, врач при этом не испытывает усталости, так как может занять удобное положение и управлять всеми процессами через джойстик, так же применение роботического комплекса уменьшает время реабилитации пациента.

Применение: Данный комплекс устройств возможно внедрить в различные клиники страны в течение ближайшего времени.

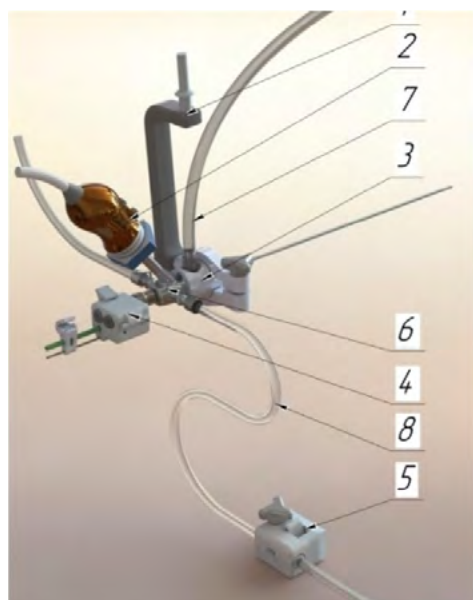


Рис. 39. Схема робот-ассистированной уретеролитотрипсии

1. Кронштейн робота-ассистента;
2. Оптическая камера;
3. Устройство крепления (хомут);
4. Устройство автоматической подачи волокна АДВ-1.3;
5. Устройство перекрытия оттока;
6. Уретерореноскоп;
7. Световод;
8. Отточная магистраль.



Рис. 40. Джойстик-рукоятка

СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

1. Надрельефный транспортный беспилотный летательный аппарат «Саранча»

Разработан новый тип транспортных беспилотных летательных аппаратов (БЛА) для решения задачи эффективной аэрологистики в жестких и экстремальных условиях эксплуатации (Рис. 41).

Управление БЛА коптерного типа с высоконагруженными винтокольцевыми двигателями осуществляется винтами с изменяемым шагом, что дает мгновенную реакцию на порывы ветра и прочие внешние воздействия.

Применение: БЛА подходят для работы в прибрежных, морских, горных районах, в условиях крайнего Севера, а также, благодаря экономичности, конкурентоспособны в области обычной транспортной и сельскохозяйственной аэрологистики.

Совместно с Правительством города Севастополя представлен и защищен проект «Региональный центр Беспилотных Авиационных Систем (БАС) в Севастополе» в рамках реализации национального проекта «Беспилотные авиационные системы» (поручение Президента Российской Федерации Пр-1176, п.4 в-1 от 13.06.2023 г.). Модельный ряд таких БЛА станет специализацией крупного регионального научно-производственного центра беспилотных авиационных систем (НПЦ БАС) в Севастополе. На базе этой технологии будут построены тяжелые транспортные беспилотники с вертикальным взлетом и посадкой, большими внутренними объемами, экономичным полетом.



Рис. 41. Надрельефный транспортный беспилотный летательный аппарат

2. Программный комплекс автоматизированного проектирования и моделирования сложных высокочастотных радиоэлектронных систем

Разработана уникальная отечественная система автоматизированного проектирования САПР «ГАММА» для проектирования и моделирования сложных высокочастотных радиоэлектронных систем.

Применение: Для разработки: антенных систем, включая АФАР; ВЧ и СВЧ печатных плат; элементов СВЧ цепей, таких как линии передач, делители, фильтры; резонаторов (Рис. 42).

САПР «ГАММА» снимает критическую зависимость производителей радиоэлектронного оборудования и чипов от иностранного ПО. Интерфейс «ГАММА» близок к интерфейсам аналогов: ANSYS HFSS, ANSYS HPC, SPEAG SEMCAD, CST Studio. Переход на отечественную САПР для конечного пользователя практически бесшовен. САПР работает с основными форматами данных, поддерживается импорт и экспорт из основных аналогов.

Заключены партнерские договоры на реализацию САПР с шестью компаниями: АО «МЦД», ООО «Искра Инженерные Технологии», АО «Российская электроника», АНО ВО «Университет Иннополис», ООО «Оркада», ООО «ПТС».

Произведена защита 137 потенциальных клиентов, среди которых: ОКБ «Сухой», АО «НПП «Радар ММС», Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, АО «ИРЗ», ЗАО ГК «Навигатор», АО "ИСС" им. акад. М.Ф. Решетнева, ООО «Научно-производственное предприятие «ПРИМА», АО РКЦ «Прогресс», АО «НПП «Алмаз», ООО «НПП «Авиаком», ПАО завод «Красное знамя».

Загружено более 200 версий для тестирования САПР «ГАММА».

Продано четыре коммерческих и академических лицензии, в том числе в «Передовые инженерные школы».

САПР «ГАММА» соответствует целям и приоритетам научно-технологического развития Российской Федерации и обеспечивает импортозамещение в наиболее чувствительной области радиоэлектронной промышленности - проектировании новых радиоэлектронных систем.

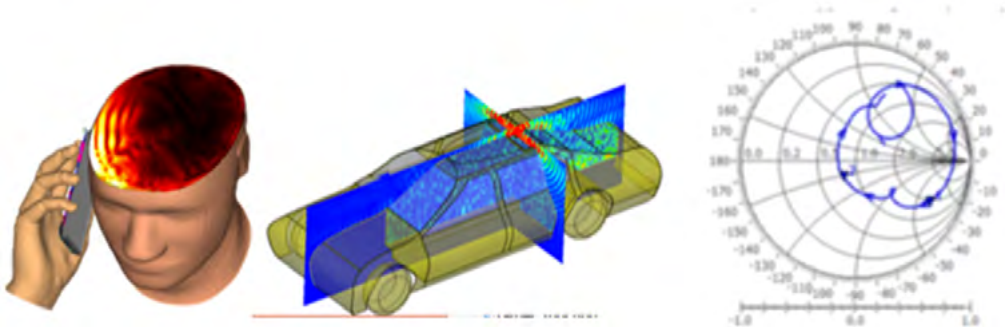


Рис. 42. Пример моделирования в САПР «ГАММА».

**ПЕРВЫЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И.М. СЕЧЕНОВА
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(СЕЧЕНОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

1. Повышение диагностической точности платформы для детектирования гипертонической ретинопатии по цифровым изображениям глазного дна пациентов с применением методов нейросетевого моделирования – «RetinAIcheck».

Сущность: Платформа предназначена для детектирования гипертонической ретинопатии по цифровому изображению глазного дна пациента с помощью многослойной нейронной сети. Платформа содержит функцию расчета выхода нейронной сети по заданным входам, функцию обучения сети по обучающей выборке на основе метода обратного распространения ошибки, а также функции сохранения и загрузки топологии сети в файл. Модель многослойной нейронной сети обучена методом обратного распространения ошибки с помощью обучающей выборки, которая сформирована на основе исходных данных. Реализован удаленный доступ к возможностям использования приложения посредством сети Интернет, также доступно подключение через стационарный сервер.

На данный момент площадь под ROC кривой для программы составляет: для 1 стадии гипертонической ретинопатии 79,3 (95% ДИ: 78,3-81,6), для 2 стадии гипертонической ретинопатии 84,0 (95% ДИ: 83,0-86,0), для 3 и 4 стадий – 93,0 (95% ДИ: 79,6-99,2) и 100,0 (95% ДИ: 100,0-100,0) соответственно. При этом наличие сопутствующей ретиальной патологии в виде диабетической ретинопатии достоверно не снижает показатели диагностической эффективности.

Сравнение площадей под ROC кривой для различных стадий гипертонической ретинопатии для смешанной группы представлено на Рис. 43.

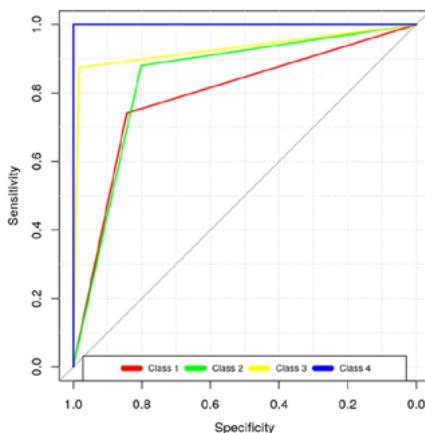


Рис. 43. Сравнение площадей под ROC кривой для различных стадий гипертонической ретинопатии

Новизна: Существуют зарубежные аналоги представленной программы. На территории Российской Федерации аналогов нет.

Значимость: Ожидается, что к 2025 году число больных артериальной гипертензией в мире достигнет 1,5 млрд человек. Повышенное артериальное давление является основной причиной преждевременной смертности (более 10 миллионов смертей) и потери более чем 212 миллионов лет жизни, скорректированных по нетрудоспособности. Кроме того артериальная гипертензия является основным фактором риска сердечно-сосудистой заболеваемости. Существующие программы скрининга недостаточно эффективны. В свете вышесказанного поиск недорогих широкодоступных высокоэффективных воспроизводимых унифицированных методов скрининга артериальной гипертензии приобретает особое значение. Одним из таких методов может стать диагностика артериальной гипертензии по цифровым фотографиям глазного дна при помощи нейронной сети.

Прогноз применения: Представленная программа относится к области медицины и может быть использована для скрининга и оценки тяжести гипертонической ретинопатии у пациентов, страдающих гипертонической болезнью или иными симптоматическими артериальными гипертензиями. Интерфейс программы позволяет интегрировать ее в большинство существующих медицинских информационных систем, что значительно повышает ее функциональность.

Созданный результат является перспективным для внедрения в клиническую практику. Использование данной программы позволит проводить своевременный контроль динамики осложнений артериальной гипертензии с последующей коррекцией соответствующей гипотензивной терапии. Таким образом, программа может быть потенциально интересна медицинским компаниям, использующим в своей работе дистанционные технологии.

2. Технология создания коллагеновых матриц, применяемых для тканеинженерных реконструктивных операций в различных областях медицины.

Новизна: Впервые были протестированы механические свойства сшитых и несшитых коллагеновых мембран, исследованы: предел прочности при растяжении, деформация при разрушении и модуль упругости в режиме одноосного растяжения (Рис. 44). Была оценена непрямая цитотоксичность (in vitro).

Значимость: Исследование показало перспективность данного материала для выполнения заместительной уретропластики. Материал удобен для применения благодаря своим механическим свойствам (прочность и эластичность), интраоперационно у хирургов не возникало сложностей с моделированием и позиционированием лоскута, формированием швов. Уретрограмма, выполненная на 15, 45 и 90 день после операции, не показала признаков стриктуры ни в одном из наблюдений. Микроскопия препаратов из зоны операции демонстрирует постепенную эпителизацию коллагенового графта, что указывает на его биосовместимость. С другой стороны, умеренная инфильтрация иммунокомпетентными клетками, наблюдаемая на ранних сроках, к 45 дню существенно уменьшается. Таким образом показано отсутствие воспалительной реакции на трансплантат.

Прогноз применения: Данный графт может быть применён для увеличивающей уретропластики, а подход существенно сократит длительность операции, расширит возможности для хирурга и улучшит качество жизни пациентов, особенно при протяжённых стриктурах, когда получение достаточного количества аутологичной ткани представляет существенную сложность. В мире проводятся аналогичные исследования, однако, их результаты далеки от внедрения в практику. По результатам нашего исследования написан протокол клинической апробации, после одобрения его ЛЭК Сеченовского Университета будут проведены первые операции на пациентах (запланированы на 2024 г.)

Данная разработка будет актуальна для пациентов со стриктурой уретры (выявляемость от 3,4 до 38 на 10000 населения) в особенности при протяженных стриктурах, стриктурах после предшествующих увеличивающих и заместительных уретропластик, стриктурах с выраженным спонгиозом, когда могут возникать трудности, связанные с дефицитом тканей для выполнения увеличивающей уретропластики. Это позволит устранить риск развития осложнений и побочных эффектов в донорской зоне: ротовая полость, половой член, органы мошонки, ретроаурикулярная зона и др., а также улучшить качество жизни пациентов и ускорить их реабилитацию.

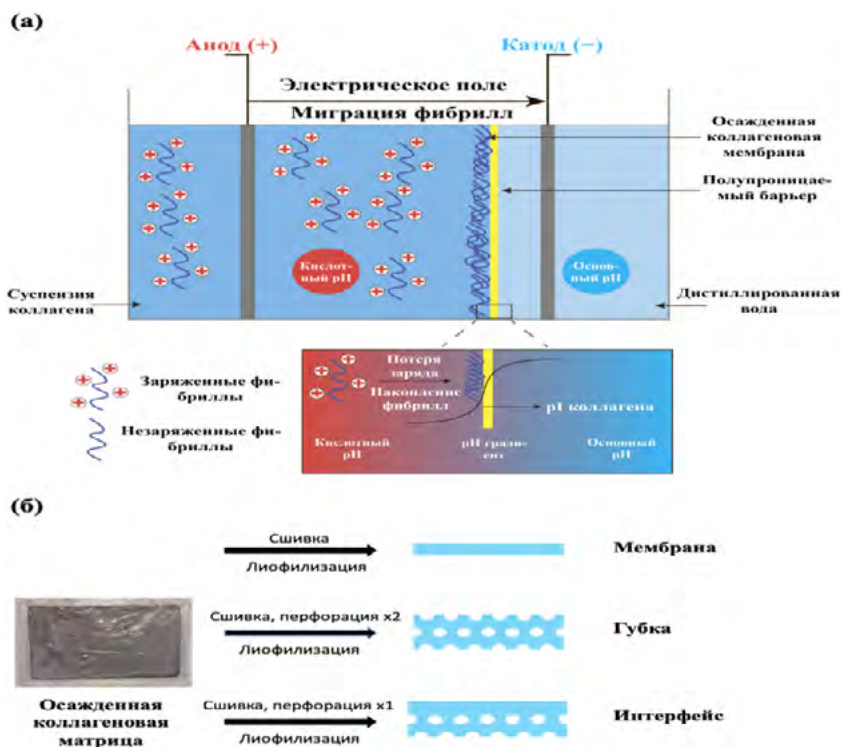


Рис. 44. Схема получения коллагеновых матриц.

- а) Процесс электроосаждения коллагеновых матриц на полупроницаемом барьере;
б) Постобработка коллагеновых матриц с целью получения персонализированных форм: мембраны, губки, интерфейса.

3. Разработка многослойных органических полупроводников для высокоэффективной оптоэлектронной стимуляции клеток

Эффективность устройств для биоэлектронных применений, включая стимуляцию клеток и тканей, в значительной степени зависит от масштаба и уровня производительности. С миниатюризацией электродов для стимуляции становится проблемой достижение достаточно высокого импульса тока для вызова потенциала действия. В нашем исследовании мы сообщаем о подходе к вертикальной укладке органических p-n-переходов для создания высокоэффективного многослойного органического полупроводникового (MOS) фотостимулирующего устройства.

Новизна: Подход к тандемной укладке органических полупроводников берет свое начало в исследованиях тандемных органических солнечных элементов. MOS-устройства создаются путем вертикального укладывания p-n-переходов из полупроводниковых органических нанокристаллов с рекомбинационными слоями золота толщиной 1 нм между ними. Это приводит к значительному увеличению фотонапряжения и плотности заряда без потери латеральной площади. Использование органических полупроводников обеспечивает стабильность и нетоксичность этих устройств. Эти устройства можно заряжать в физиологическом растворе с помощью световых импульсов с безопасной интенсивностью света, в сто раз ниже безопасного глазного предела при длине волны 625 нм. Более того, эта длина волны находится в диапазоне окна прозрачности тканей между 620-800 нм, что позволяет эффективно и безопасно пропускать свет через кожу, ткани и даже кости.

Мы демонстрируем, помимо прочего, производительность и стабильность МОП-устройств, которые могут быть использованы для генерации в четыре раза более высоких напряжений и, по крайней мере, вдвое большей плотности заряда, до 4 раз более высокий коэффициент роста клеток для фибробластов и до 1,5 раз более высокий коэффициент роста клеток для нейробластов с помощью 3 p-n-слойных устройств беспроводной органической стимуляции.

Значимость: MOS-устройства позволяют настраивать свойства поверхности с точки зрения контроля роста культур клеток на поверхности, приводят к значительному улучшению соотношения роста клеток при использовании нескольких p-n слоев, и обеспечивают долгосрочное использование этих биоэлектронных устройств благодаря их стабильности.

Прогноз применения: Беспроводные многослойные органические устройства стимуляции могут стать очень мощным инструментом для биомедицинских приложений, начиная от точечной стимуляции периферических нервов и заканчивая многоэлектродной глубокой стимуляцией мозга.

**РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МЕДИЦИНЫ
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**1. Разработка технологий изготовления графен-содержащих
металлокерамических медицинских материалов для стоматологии**

Проведены работы по созданию графен-керамометаллических композитов (ГКМ) на основе оксидов алюминия и циркония с добавкой армирующих биосовместимых металлов тантала и ниобия с качественной заданной микроструктурой и физико-механическими характеристиками методом искрового плазменного спекания (ИПС).

Для достижения поставленной цели и решения задач проведен анализ (гранулометрический, фазовый, элементный, микроструктурный) как исходных материалов, так и процессов изготовления порошковых ГКМ смесей. Также исследовано влияние технологических режимов ИПС на физико-механические свойства спеченных композиций.

В качестве исходного сырья были выбраны порошки оксида циркония, стабилизированного 3 мол. % оксида иттрия (3Y-TZP), оксида алюминия (Al_2O_3), тантала (Ta), ниобия (Nb) и суспензия оксида графена (GO) (Рис. 45). Проведенный структурный, элементный и фазовый анализ показал отсутствие в исходных материалах каких-либо примесей. Неправильная форма керамических частиц исходных порошков была изменена на сферическую используя технологию распылительной сушки. Была доказана возможность изготовления однородных ГКМ суспензий на основе 3Y-TZP с 20 об. % добавкой Ta и Nb, а также 0.5 об. % GO с помощью коллоидного метода. Найдены рациональные технологические режимы ИПС, позволяющие достичь требуемого уровня структурных (гомогенное распределение фаз) и физико-механических (плотность, твердость, прочность, трещиностойкость) свойств. Изучена зависимость среднего размера зерна 3Y-TZP матрицы в ГКМ от температуры спекания. Исследована возможность использования альтернативных методов консолидации ГКМ, в частности спекание в вакуумной печи и селективное электронно-лучевое плавление. Однако положительных результатов добиться не удалось. В первом случае спеченные материалы не достигали необходимой плотности, что вероятно связано с низкой температурой спекания. Во втором случае в независимости от выбранных режимов плавления возникали трещины в керамической матрице при остывании из-за ее высокой усадки (Рис. 47).

Проведённые методом лазерной вспышки исследования спеченных ГКМ позволили получить зависимости температуропроводности от температуры. С помощью dilatометрических тестов было установлено, что усадка ГКМ берет начало при температуре 1100 °С, а при достижении 1500 °С кривые уже начинают выходить на плато (Рис. 46).

При выполнении научно-исследовательской работы была доказана возможность использования технологии ИПС для консолидации ГКМ композитов в полном соответствии с установленными требованиями (Рис. 48).

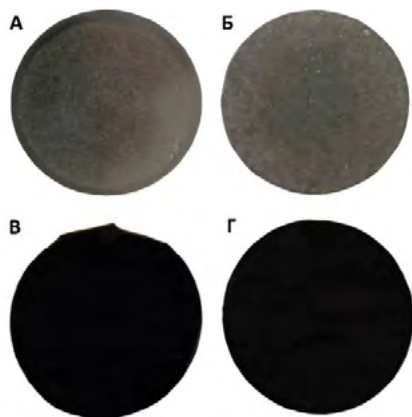


Рис. 45. Спеченные 3Y-TZP/Ta (А), 3Y-TZP/Nb (Б), 3Y-TZP/Ta-0.5GO (В) и 3Y-TZP/Nb-0.5GO (Г) графен-керамометаллические образцы

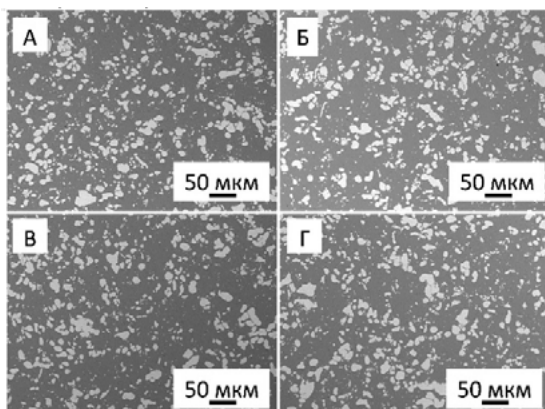


Рис. 46. СЭМ изображения полированной поверхности 3Y-TZP/Ta (А), 3Y-TZP/Nb (Б), 3Y-TZP/Ta-0.5GO (В) и 3Y-TZP/Nb-0.5GO (Г) образцов, спеченных при 1500 °С

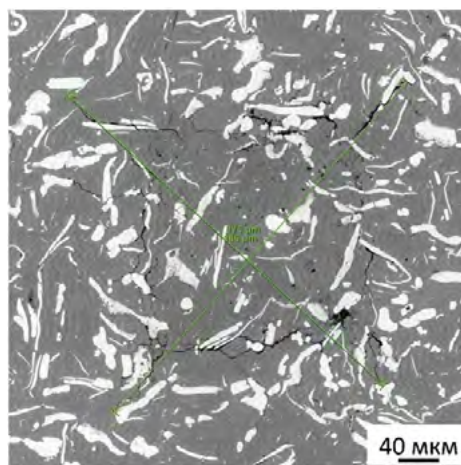


Рис. 47. Померенные длины трещин отпечатка после индентирования пирамидой Виккерса

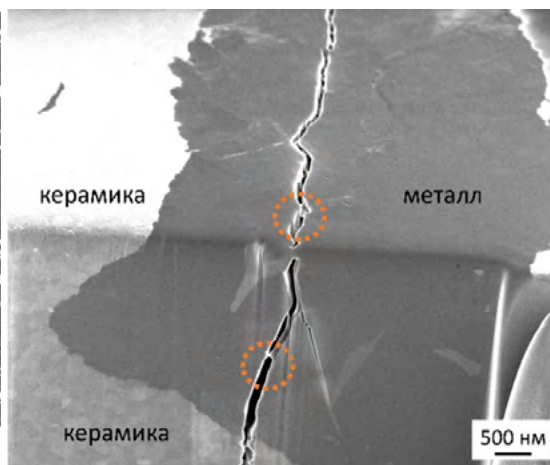


Рис. 48. Упрочняющие “мостики” (выделены оранжевыми кружками) вязкой фазы, возникающие в керамометаллическом композите

2. Разработка технологий изготовления светоотверждаемых нанонаполненных композитных материалов для стоматологии

Объектом исследования является светоотверждаемый нанонаполненный композитный пломбировочный материал (НКПМ). Целью работы является комплексное исследование структурных и физико-механических свойств НКПМ. В рамках выполнения первого этапа работ: 1) проведено исследование структуры, элемент-

ного и фазового состава порошков светоотверждаемых НКПМ, полученных коллоидным способом; 2) проведено отверждение порошков НКПМ светом; 3) проведено измерение физико-механических свойств светоотвержденных образцов; 4) разработаны рекомендации по выбору технологических режимов смешивания пастообразных наноуполненных светоотверждаемых композитов, применяемых для пломбирования полостей различных классов.

Для изучения структуры использовался электронный сканирующий микроскоп высокого разрешения, энергодисперсионная рентгеновская спектрометрия и рентгеновский дифрактометр. Для исследования механических свойств использованы автоматизированные установки для проведения механических испытаний.

Таблица 1. Плотность светоотвержденных образцов №1-6 НКПМ

№ образца	Плотность образцов НКПМ относительно теоретической, %
1	98,4
2	98,1
3	97,8
4	97,9
5	97,3
6	97,1

Таблица 2. Результаты измерения твердости светоотвержденных образцов НКПМ

№ образца	Твердость, HV0.3										Ср. твердость HV0.3
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	41,1	40,8	40,9	41,2	40,8	41,1	40,7	41,2	41,0	40,9	40,97
2	39,3	39,5	39,4	39,1	39,3	39,3	39,5	39,6	39,2	39,1	39,33
3	37,8	37,9	38,1	37,5	37,7	37,5	37,8	37,9	37,6	38,0	37,78
4	35,1	35,8	35,9	35,2	35,8	35,1	35,7	35,2	35,9	35,8	35,55
5	33,1	33,2	33,6	33,5	33,3	33,1	33,3	33,4	33,3	33,7	33,35
6	31,2	30,9	30,8	31,1	30,7	31,0	30,9	31,1	31,2	30,7	30,96

Таблица 3. Результаты измерения прочности при сжатии и изгибе светотвержденных образцов НКПМ

№	Прочность при сжатии и изгибе (S), МПа
1	154,04
2	148,23
3	143,15
4	137,56
5	135,79
6	132,84

3. Разработка нового способа регенерации костного дефекта челюстей с применением нанотехнологий

Разработан новый способ регенерации костного дефекта челюстей, включающий разрез мягких тканей вдоль нижнего края тела нижней челюсти длиной до 2 см, препарирование отверстия в костной ткани челюсти диаметром 4-5 мм и глубиной около 4 мм с использованием бора соответствующего диаметра и охлаждения физиологическим раствором, отличающийся тем, что костные дефекты заполняли костным деминерализованным ксеногенным графтом, обогащенным Platelet-rich plasma с nanoCeO_2 с последующим облучением области дефекта диодным лазером, генерирующего импульсное излучение с наносекундной частотой и длиной волны 1265 нм, после чего костные дефекты укрывали коллагеновой мембраной, мягкие ткани ушивали наглухо с помощью биорезорбируемого шовного материала. (Заявка 055440 Российская Федерация, RU 2023 125 105. Способ регенерации костного дефекта челюстей / Базилян Э.А., Чунихин А.А., Абраамян К.Д. / заявитель ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России. – № 2023125105; заявл. 29.09.2023).

По результатам морфологического исследования наблюдается выраженная активность интрамембранозного костеобразования, с образованием остеоида и сети молодых костных балочек, окруженных пролиферирующими остобластами, а также повышенная клеточность фибробластов в межбалочном пространстве, что свойственно нормальному остеогенезу.

Значимостью изобретения является возможность оптимизации регенерации костной ткани челюстей за счет применения костного графта насыщенного PRP с nanoCeO_2 и наносекундного лазерного излучения за счёт повышения пролиферативной активности всех клеточных элементов, в том числе остеобластов, макрофагов, а также эндотелиальных клеток сосудов, что свидетельствует об ускорении процессов регенерации костной ткани в месте дефекта.

Применение нового способа регенерации костного дефекта челюстей позволит существенно сократить сроки реабилитации пациентов с костной патологией челюстно-лицевой области.

4. Разработка технологий изготовления наноструктурированных керамических CAD/CAM заготовок для стоматологии

Целью работы является разработка технологии и комплексное исследование структурных и физико-механических свойств CAD/CAM заготовок на основе оксида циркония с контролируемой цветностью и пористостью.

На первом этапе были: 1) исследованы структуры, элементного и фазового состава порошков наноуплотненного композитного пломбирочного материала (НПКМ), полученных коллоидным способом; 2) компактированы порошки НПКМ различными методами свободного и искрового плазменного спекания; 3) исследованы влияния технологических режимов различных методов спекания (свободного и ИПС) на плотность, прочность, твердость и трещиностойкость образцов НПКМ; 4) разработаны рекомендации по выбору технологических режимов смешивания и консолидирования CAD/CAM заготовок на основе оксида циркония с контролируемой цветностью и пористостью спекания.

**ПЕРВЫЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА И.П. ПАВЛОВА
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

1. Создан программный комплекс радиомического анализа медицинских изображений для виртуальной (цифровой) биопсии образований челюстно-лицевой области.

Радиомика — это новая область количественной визуализации, связанная с машинным обучением. Метод позволяет количественно оценивать текстурную информацию конкретных областей интереса в цифровых диагностических изображениях посредством математического извлечения распределения интенсивности сигнала и взаимосвязей пикселей/вокселей, которые не могут быть восприняты человеческим глазом и будут характерны для каждого конкретного заболевания – выявление биомаркеров визуализации. На основе изображений КЛКТ и УЗИ челюстно-лицевой области нами разработан и проходит апробацию алгоритм радиомического анализа для диагностики, планирования лечения и прогнозирования различных заболеваний челюстно-лицевой области.

Новизна и значимость: Впервые разработана система диагностики различных заболеваний на догоспитальном и предоперационном этапах, которая позволяет выполнить цифровую биопсию образования уже при получении медицинского изображения. Широкий спектр радиомических моделей используется для автоматической диагностики, сегментации и классификации кист и опухолей челюсти, метастазов в шейных лимфатических узлах, заболеваний слюнных желез, патологий верхнечелюстной пазухи и зубочелюстно-лицевых деформаций.

Прогноз: Разработанный программный комплекс может служить клинически практичными инструментами для максимально ранней диагностики и лечения различных заболеваний челюстно-лицевой области, в том числе онкологических, что приведет к более быстрой и точной диагностике заболеваний, а также персонализированному подходу к лечению заболеваний челюстно-лицевой области.

Исполнители: НИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова совместно с ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

Ответственные исполнители: А.В. Лысенко, А.И. Яременко А.А. Прокофьева (ПСПбГМУ им. И.П. Павлова); В.М. Иванов, С.В. Стрелков, А.Ю. Смирнов (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

2. Разработаны программный комплекс и технология изготовления индивидуальных шаблонов для лучевой терапии в челюстно-лицевой области (Рис. 49)

1. Разработан программный комплекс, с применением технологии искусственного интеллекта, который позволяет выполнить автоматизированное планирование индивидуальных шаблонов и их печать на 3D-принтере для проведения лучевой терапии в челюстно-лицевой области.

2. Разработан специальный адгезионный слой (гидрогель) для фиксации полученных индивидуальных шаблонов на анатомически-сложных и подвижных поверхностях (например, язык).

Новизна: Впервые разработано системное решение для проведения персонализированной лучевой терапии в челюстно-лицевой области, которое позволяет спланировать, напечатать на 3D-принтере и зафиксировать на подвижных областях (за счет гидрогеля) индивидуальные шаблоны для контактной лучевой терапии. Повышение эффективности лечения пациентов со злокачественными новообразованиями челюстно-лицевой области за счет создания персонализированных индивидуальных шаблонов с фиксирующим слоем, обеспечивающих высокую точность, воспроизводимость положения шаблона при проведении курса процедур, снижение побочного действия лучевого излучения на окружающие ткани.

Прогноз применения: Разработанный программный комплекс позволит врачам самостоятельно планировать и изготавливать индивидуальные шаблоны для лучевой терапии исходя из индивидуальной клинической ситуации.

Ответственные исполнители: А.В. Лысенко, А.И. Яременко А.А. Прокофьева (ПСПбГМУ им. И.П. Павлова); В.М. Иванов, С.В. Стрелков, А.Ю. Смирнов (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого) Исполнители: НИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии ПСПбГМУ им. И.П. Павлова совместно с ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

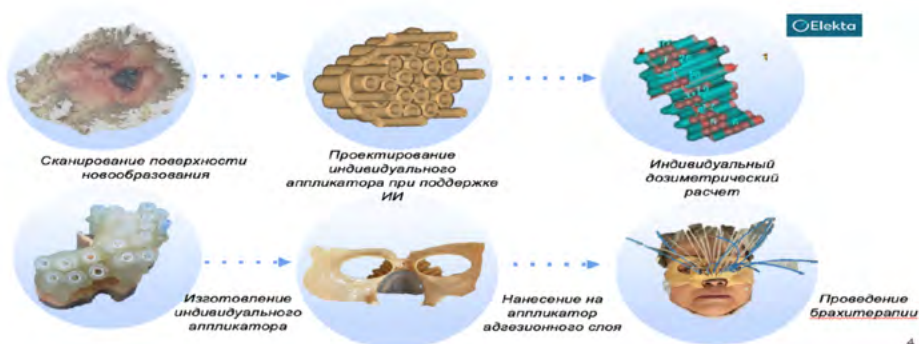


Рис. 49. Технология изготовления индивидуальных шаблонов для лучевой терапии в челюстно-лицевой области

3. Разработана и валидирована передовая технология трансплантации гемопоэтических стволовых клеток.

Трансплантации гемопоэтических стволовых клеток (ТГСК) – один из наиболее высокотехнологичных методов современной медицины. В процессе ТГСК возникает ряд иммунологических проблем, включая реакцию «трансплантат против хозяина» (РТПХ), неприживление или недостаточность трансплантата, спектр тяжелых вирусных, грибковых и бактериальных оппортунистических инфекций. У 10-20% пациентов совокупность этих проблем приводит к летальному исходу, что крайне ограничивает применение этого метода. За последние 40 лет существования технологии ТГСК в медицинскую практику внедрено всего 2 технологии, значительно снижающие летальность – применение антитимоцитарного глобулина и посттрансплантационный циклофосфамид (ПТЦФ).

В ПСПбГМУ была разработана уникальная технология ТГСК, которая сочетает применение ПТЦФ с ингибитором сигнальных путей руксолитинибом. В доклинических исследованиях было показано, что в отличие от других классических иммуносупрессивных препаратов руксолитиниб не подавляет противоопухолевую активность донорской иммунной системы и сохраняет противоинфекционный иммунитет. Теоретические основы были подтверждены в пилотном исследовании у пациентов с миелофиброзом. С 2021 по 2023 годы было проведено подтверждающее рандомизированное российское исследование CINC424ARU01T с включением пациентов с острыми лейкозами. Исследование включало 128 рециентов неродственной и частично совместимой ТГСК, т.е. наиболее проблемной с точки зрения иммунных осложнений категории пациентов. Группа контроля была представлена общепризнанным на сегодняшний день стандартом – сочетанием ПТЦФ, ингибитор кальциневрина и антимаболита. Продемонстрирована высокая эффективность нового протокола ТГСК: частота острой РТПХ составила 11.4% против 19.7%, хронической 24.8% против 42.0%, общая выживаемость улучшилась с 72.4% с до 91.8% ($p=0.04$, Рис. 50А). При этом продемонстрированы лучший профиль безопасности нового протокола ТГСК, включая меньшую вероятность реактивации цитомегаловируса (45% против 63%), тромботической микроангиопатии (0% против 8%, $p=0.0319$) и почечной недостаточности ≥ 2 степени (0% vs 8%). Таким образом разработана и валидирована технология трансплантации, демонстрирующая лучшие в мире результаты ТГСК при трансплантации от неродственного и частично совместимого донора. Также продемонстрирован уникальный профиль иммунологического восстановления с глубокой деплецией наивных Т-клеток при сохранении популяций Т-клеток памяти и Т-эффекторов (Рис. 50Б).

Публикация:

BoneMarrowTransplant.2023;58(S1):153–627: P190. Best clinical abstract award 2023 from European Society for Blood and Marrow Transplantation.

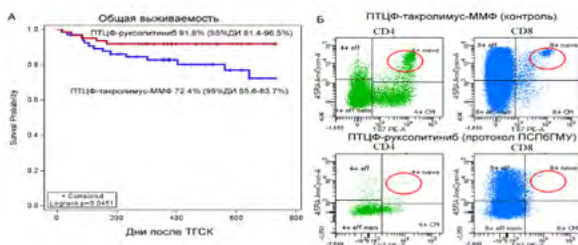


Рис. 50.

4. Метод выявления динамических мутаций для диагностики наследственной неврологической патологии

Болезни с динамическими мутациями представляют широкую группу заболеваний, связанных с увеличением числа нуклеотидных повторов в кодирующих и некодирующих областях генома. Патологическое увеличение нуклеотидных повторов называют экспансиями. К таким заболеваниям относятся болезнь Гентингтона, спиноцереbellарные атаксии, C9orf72 –ассоциированный боковой амиотрофический склероз и ряд других состояний. Появление экспансии в некодирующем регионе приводит либо к нарушению синтеза белка (синдром Мартина-Белла), либо к феномену РНК-токсичности (миотоническая дистрофия, синдром тремора/атаксии, наследственная эндотелиальная дистрофия роговицы Фукса).

С точки зрения лабораторной генетики, детекция патологического увеличения количества нуклеотидных повторов невозможна при использовании классических молекулярно-генетических методов и методов секвенирования следующего поколения (NGS), что подчеркивает важность описываемого молекулярно-генетического метода ПЦР с праймингом тройных повторов. Разработанная технология является уникальной. На сегодняшний день данная технология используется в рутинной практике в лаборатории научно-методического центра Минздрава России по молекулярной медицине.

В основе метода лежит модифицированная ПЦР с использованием одного стандартного меченого флюоресцентной меткой прямого праймера и биспецифического обратного праймера, один конец которого может связываться с любым участком динамической мутации, а второй конец специфически гибридизуется с последовательностью, непосредственно прилегающей к концу экспансии. Проведение ПЦР и последующее разделение продукта реакции с использованием фрагментного анализа позволяет получать специфический паттерн электроферограммы по которому можно не только с точностью до 1-3 нуклеотидов определить количество повторов, но и подтвердить очень высокий уровень увеличения количества повторов, который может достигать 20 тысяч (Рис.51).

Метод рекомендуется для решения следующих клинических задач:

- Диагностика экспансионных заболеваний, в том числе болезни Гентингтона, синдрома Мартина Белла, наследственной эндотелиальной дистрофии роговицы Фукса, миотонической дистрофии, наследственных спиноцереbellарных атаксий (СЦА типов 1,2,3,6,7,10,12,17,36), атаксии Фридрейха, болезни Кеннеди, бокового амиотрофического склероза (наследственных форм) и др.
- Оценка прогноза течения заболевания на основании точного определения количества повторов экспансии.
- Определение пред-экспансии для диагностики синдрома тремор/атаксии.
- Определение носительства экспансии нуклеотидных повторов в гене FMR1 у женщин с первичной яичниковой недостаточностью.
- Выявление врожденных форм заболеваний, в том числе миотонической дистрофии.
- Генетического консультирования для снижения риска экспансионных заболеваний у пациентов с предэкспансией.
- Уточнение результатов полногеномного/полноэкзомного секвенирования.

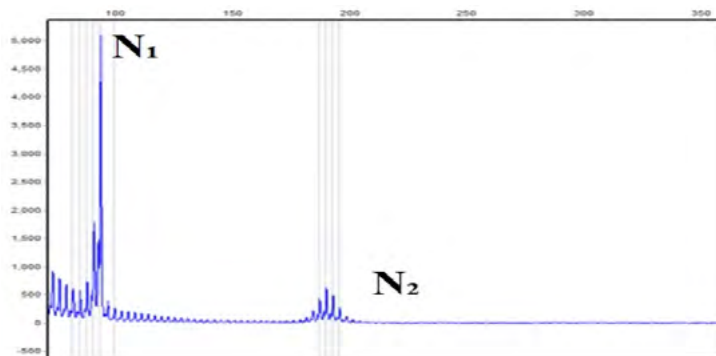


Рис. 51. Пример электрофореграммы с экспансией одной из аллелей. N1-15 CAG-повторов, N2-40 CAG-повторов.

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Разработан диагностический алгоритм для выявления кандидатов на поиск маркеров *ETV6::RUNX1*-подобного острого лимфобластного лейкоза (ОЛЛ) у детей

Результат получен в рамках научных исследований по теме «Глубокое молекулярное профилирование генетических детерминант онкогематологических заболеваний у детей и обоснование мишеней для таргетной терапии» (Рис. 52).

ETV6::RUNX1-подобный ОЛЛ был представлен в классификации ВОЗ в 2022 году. Данная молекулярная подгруппа встречается менее, чем в 1% случаев ВП-ОЛЛ у детей. Для ее выявления необходимо применение высокотехнологичных методов исследования, таких как транскриптомное и экзомное секвенирование. Прогностическое значение *ETV6::RUNX1*-подобного ОЛЛ в Российской Федерации ранее не было определено. Ввиду низкой распространенности и высокой стоимости исследования необходима разработка алгоритма последовательного применения различных диагностических технологий для выявления данной молекулярно-генетической подгруппы. В рамках проведенного исследования было доказано, что сочетание технологий проточной цитометрии и обратнотранскриптазной ПЦР позволяет с высокими параметрами диагностической эффективности выявлять пациентов, нуждающихся в углубленном молекулярно-диагностическом исследовании для поиска *ETV6::RUNX1*-подобного профиля экспрессии генов.

Результаты: разработанный алгоритм позволил выделить из 437 обследованных пациентов с ВП-ОЛЛ 14 кандидатов на прицельный поиск *ETV6::RUNX1*-подобного профиля экспрессии генов. Среди 14 пациентов было обнаружено 4 случая, где найденные молекулярно-генетические перестройки соответствовали *ETV6::RUNX1*-подобному ОЛЛ: 1 случай с перестройкой *ETV6::UBN2*, 1 случай с перестройкой *ETV6::DDX47*, 1 случай с делецией гена *ETV6* и 1 случай с перестройкой *IKZF1::TBRG*.

Было обнаружено, что полученный диагностический алгоритм позволяет также выявить часть пациентов из иной новой молекулярной подгруппы ВП-ОЛЛ у детей: *BCR::ABL1*-подобный ОЛЛ. Среди 14 кандидатов было выявлено 6 случаев *BCR::ABL1*-подобного ОЛЛ. (2 случая с химерным геном *CRLF2::P2RY8*, 1 случай с химерным геном *CRLF2::IGH*, 1 случай с химерным геном *PIK3AP1::JAK2*, 1 случай с химерным геном *EBF1::PDGFRB*, 1 случай с химерным геном *SSBP2::CSF1R*).

Найденный алгоритм может быть применен для выявления пациентов с *ETV6::RUNX1*-подобным ВП-ОЛЛ. После обнаружения таких пациентов появится возможность оценки прогностического значения данной молекулярной подгруппы ВП-ОЛЛ у детей и в последующем, изменение существующих терапевтических схем, применяемых в лечении ВП-ОЛЛ у детей.

Авторы: Пермикин Ж.В., Цаур Г.А., Ковтун О.П.

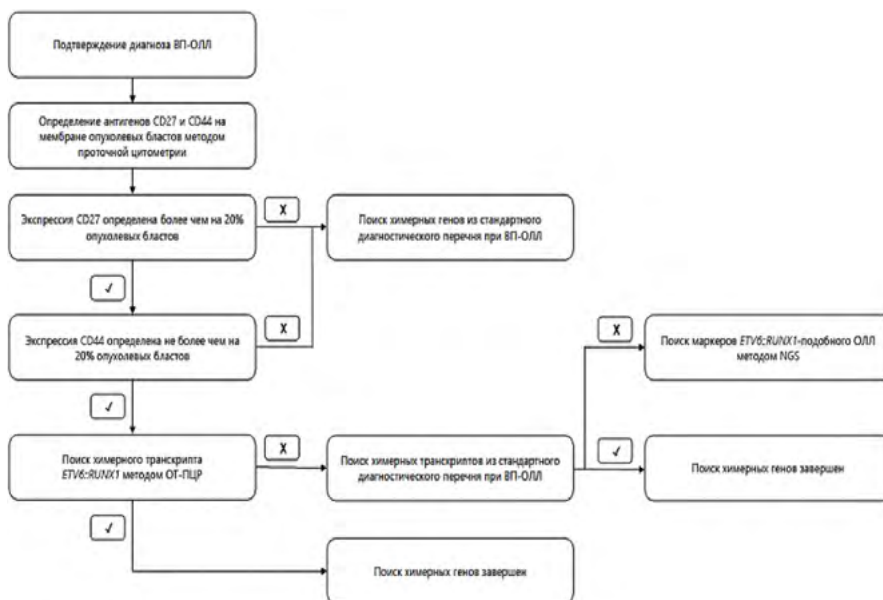


Рис. 52. Схема диагностического алгоритма для выявления кандидатов на поиск маркеров *ETV6::RUNX1*-подобного ОЛЛ у детей

2. Восполнение дефектов костной ткани

Разработаны новые керамические материалы, обладающие остеointegrативными характеристиками, для восполнения метафизарных и диафизарных дефектов костной ткани. При создании нового керамического материала для остеопластики дефектов костной ткани использованы установленные ранее в процессе изучения кадаверных образцов, значения максимального напряжения и упругой деформации костной ткани. Закончен эксперимент на животных по имплантации разработанных новых керамических материалов в диафизарный дефект, начато

гистологическое исследование образцов костной ткани экспериментальных животных с имплантированной керамикой. Определены особенности органотопической перестройки костной ткани и имплантируемого костнопластического материала в эксперименте.

Завершена обработка клинического материала по эндопротезированию тазобедренного сустава при наличии дефектов вертлужной впадины; определено, что наилучшие результаты наблюдаются в случаях применения структурных трансплантатов и комбинированных способов пластики, включающих применение как резорбируемого, так и нерезорбируемого материала; предложены варианты методики имплантации тазового компонента, в зависимости от размера и локализации дефекта. Определены особенности эндопротезирования тазобедренного сустава у больных ревматоидным артритом с протрузионными деформациями вертлужной впадины, разработан алгоритм выбора способа имплантации чашки протеза и восполнения протрузионного дефекта в зависимости от величины деформации. Определены показания для армирования протрузионного дефекта титановой сеткой, изучены среднесрочные клинические результаты.

Внедрены в клиническую практику способы лечения несращений, псевдоартрозов и дефектов костей конечностей с использованием современных возможностей и комбинированных технологий метода чрескостного остеосинтеза по Илизарову и внутреннего остеосинтеза. В настоящее время признана эффективность клинического применения техники Masquelet, которая включает реконструкцию сегмента в две операционные сессии. На первом этапе лечения при наличии показаний выполняют сегментарную резекцию кости, в сформированный дефект имплантируют полиметилметакрилатовый цементный спейсер. Костный сегмент обычно фиксируют аппаратами внешней фиксации. Через 6-8 недель спейсер удаляют, дефект заполняют свободными костными ауто трансплантатами или, при большом объеме утраты костной ткани, используют аллопластические импланты.

Авторы: Волокитина Е.А., Кутепов С.М., С.В. Гюльназарова, И.П. Антропова и др.

Публикации:

Патент 2754630. Российская Федерация, СПК G09B 23/28. Способ создания модели для комплексного исследования интеграции остеотропных материалов в эксперименте № 2020137027/ 14(068280): заявл. 10.11.2020: опубл. 08.04 06.09.2021 / К.А. Тимофеев, С.М. Кутепов. - 2с).

3. Разработка программных режимов работы новых аппаратов ИВЛ для стационарного и домашнего применения

1. Функциональное описание 6 режимов вентиляции легких в текстовом и графическом виде. Режимы предполагается использовать для традиционной и неинвазивной вентиляции лёгких различных категорий пациентов в критическом состоянии с весом тела от 3-х кг и более. Режим CMV (conventional mechanical ventilation) является базовым режимом, предназначенным для пациентов с отсутствием попыток самостоятельного дыхания, а все вдохи управляются аппаратом.

В режиме Assist Control (A/C) напротив все попытки вдоха пациента поддерживаются аппаратом с заданными параметрами. Данный режим предназначен для пациентов в сознании и может являться как стартовым режимом, так и использоваться в процессе отлучения пациента от аппарата ИВЛ. Режим A/C позволяет подобрать параметры под индивидуальные особенности пациента, снижая дискомфорт и стресс от проведения ИВЛ, являясь ведущим режимом в неонатологии и педиатрии. Следующие режимы могут быть использованы у пациентов с интубацией трахеи или при неинвазивной дыхательной поддержке с помощью лицевой маски. Режим CPAP (continuous positive airway pressure) имеет важное клиническое значение, создавая постоянное положительное давление в дыхательных путях и не позволяя альвеолам спадаться. Режим эффективно используется в неонатологии при дефиците сурфактанта у недоношенных детей, при пневмонии, остром лёгочном повреждении по различным причинам у всех категорий пациентов. Так же CPAP используется при терапии и профилактике апноэ во время сна. Режимы BiPAP (DUAL-LEVEL) и APRV (airway pressure release ventilation - поддержка вдоха со сбросом давления) являются разновидностями режима CPAP, создавая два уровня давления и позволяя дыхательным путям дольше находиться в открытом состоянии, и использоваться при более тяжёлых лёгочных патологиях. Функция Arnea Ventilation активизируется через заданное врачом время при отсутствии у пациента попыток дыхания. Используется во всех режимах вентиляции и позволяет избежать эпизодов гипоксии у пациентов при ухудшении состояния, тем самым обеспечивая сохранность центральной нервной системы.

2. Разработка ПО, программ и методик тестирования, подготовка технических средств тестирования ПО в макетном образце, тестирование ПО режимов АИВЛ «Мобивент» по перечисленным выше 6 режимам. Тестирование осуществлялось на стенде (Рис. 53) со следующими компонентами: Макет АИВЛ «Мобивент»; Citrex H4 – анализатор цифровой; Модель лёгких пневмотическая-1Э; Баллон – баллон с объемной долей кислорода 98,1-99,0%.

Новизна описанных режимов заключается в уникальной настройке триггера, который позволяет уловить даже слабые попытки вдоха пациента, снижая стресс, боль, сопротивление пациента, снижая дискомфорт и улучшая общее качество лечения. Каждый режим имеет широкий выбор настроек (давления, объёма, потока, времени дыхательного цикла и т.д.), с помощью которых врач может индивидуализировать процесс респираторной стратегии в терапии пациента. Проектирование, создание и валидизация отечественного медицинского оборудования, важнейшим из которых являются аппараты ИВЛ, является приоритетным направлением НИОКР в сфере импортозамещения и импорто-

независимости.

Проект совместный с АО «Уральский приборостроительный завод» корпорации КРЭТ.

Автор: Шестак Е.В.

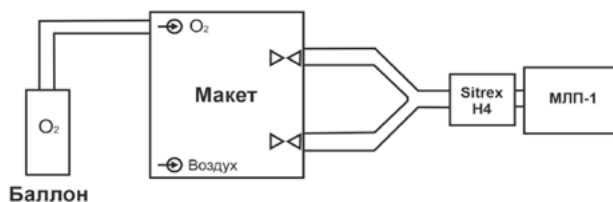


Рис. 53. Тестовый стенд АИВЛ «Мобивент»

ВОЕННО-МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ С. М. КИРОВА

1. Современные технологии диагностики и лечения в профилактике резидуального холедохолитиаза

Разработанная и апробированная шкала оценки риска холедохолитиаза основана на выявленных 15 предикторах первой линии обследования и позволяет выделить оценить риск холедохолитиаза (0-9 – низкий, 10-29 – средний, 30 и более – высокий) (Рис. 54).

Разработанный диагностический алгоритм определяет показания к проведению дополнительных методов исследования – магнитно-резонансной и интраоперационной холангиографии у пациентов со средним и высоким риском (Рис. 55).

Модифицированный лечебный алгоритм позволяет персонифицировать подход к лечению больных холецистохоледохолитиазом. Выбор рациональной хирургической тактики повышает эффективность лечения и снижает риск развития осложнений оперативного лечения, а также минимизирует риск оставления конкрементов желчевыводящих путей (Рис. 56).

Модифицирована программа профилактики резидуального холедохолитиаза у больных желчнокаменной болезнью за счет своевременного выявления конкрементов желчных протоков и выбора оптимальной хирургической тактики, в том числе с применением современных методов диагностики и лечения. Значимость исследования обусловлена оптимизацией применения дополнительных методов исследования и позволяет снизить нагрузку на диагностические подразделения, а также расходы за счет минимизации необоснованных тестов. Реализация модифицированного лечебно-диагностического алгоритма позволяет добиться хороших клинических результатов при минимальных затратах на реализацию. Таким образом применение результатов исследования позволяет снизить вероятность развития осложнений в 2,7 раза и возникновения резидуального холедохолитиаза в 11 раз, а также улучшить результаты хирургического лечения по основным статистическим показателям оценки.

Публикации:

Жеребцов, Е.С. Холедохолитиаз: современные возможности диагностики и хирургического лечения / Е.С. Жеребцов, П.Н. Ромащенко, Н.А. Майстренко // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2021. – Т. 23, № 3. – С. 109-116.

Ромащенко, П.Н. Оптимальная тактика хирургического лечения в профилактике резидуального холедохолитиаза / П.Н. Ромащенко, Н.А. Майстренко, Е.С. Жеребцов // Таврический медико-биологический вестник. – 2022. – Т 25., № 2. – С. 81-89.

Способ оптимизации обследования больных желчнокаменной болезнью на основании многофакторной прогностической шкалы оценки риска холедохолитиаза: удостоверение на рационализаторское предложение № 15301/2 от 31.01.2022 г./ Е.С. Жеребцов, Н.А. Майстренко, П.Н. Ромащенко; ВМедА.

Способ выбора варианта хирургического лечения больных желчнокаменной болезнью, осложненной холедохолитиазом: удостоверение на рационализаторское предложение № 15300/2 от 31.01.2022 г./ А Е.С. Жеребцов, Н.А. Майстренко, П.Н. Ромащенко

№ п/п	Метод исследования	Показатель	Значение сравнения	Баллы
1.	Клинические данные	Возраст	≥58 лет	3
2.		Длительность ЖКБ	≥1 года	3
3.		Длительность острого периода заболевания	≥2 дня	4
4.		Желтухи в анамнезе	да	3
5.	Клинический анализ крови	Нейтрофилы	≥60%	1
6.		СОЭ	≥11 мм/ч	1
7.	Биохимический анализ крови	Общий билирубин	≥44,4 мкмоль/л	5
8.		Прямой билирубин	≥9,8 мкмоль/л	5
9.		АСТ	≥63 Ед/л	4
10.		АЛТ	≥66 Ед/л	4
11.		Общий белок	≤76 г/л	3
12.	Общий анализ мочи	Билирубин	≥1+	3
13.	ФГДС	Поступление желчи из БСДК	нет	2
14.	УЗИ ОБП	Наименьший размер конкремента	≤4 мм	1
15.		Диаметр гепатикохоледоха	≥7 мм	5

Рис. 54. Мультифакторная прогностическая шкала оценки риска холедохолитиаза



Рис. 55. Рациональный алгоритм обследования больных желчнокаменной болезнью

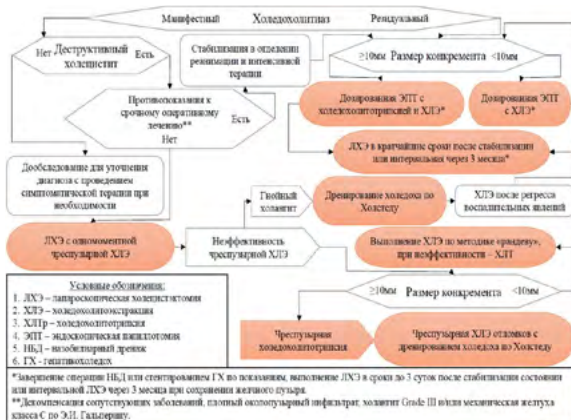


Рис. 56 Рациональный алгоритм хирургического лечения больных холестехохоледохолитиазом

2. Жизнеспасающие технологии на основе инертных газов у пациентов в критическом состоянии

Сущность результатов: В критическом состоянии на фоне острой массивной кровопотери клетки головного мозга и сердца из-за нарушений доставки и потребления кислорода являются наиболее уязвимыми. Вентиляция легких инертными газами продемонстрировала нейропротекторные и кардиопротекторные свойства в различных экспериментальных моделях. Спектр инертных газов, используемых в медицине расширяется. В него входят гелий, аргон, ксенон, криптон. На модели острой массивной кровопотери изучена эффективность газовых смесей: «Агоххен» (группа Ароксен) – состоящую из аргона 35 %, кислорода 58 %, ксенона 0,2 %, азота – остальной объем; Аргона (группа Аргон), – состоящую из аргона 70% и кислорода 30%, которые сравнивали с контрольной группой (группа Кислород) с вентиляцией 30% кислородом. Вентиляция газовой смесью 70% аргона и 30% кислорода улучшала выживаемость при геморрагическом шоке и реанимации и приводила к снижению уровня лактата как маркера выраженности шока.

Новизна: Получены новые данные о наличии органопротективных свойств смесей на основе инертных газов на модели острой массивной кровопотери и остановки кровообращения. В группе с ингаляцией 70% аргоном выживаемость была самой высокой.

Значимость: Полученные результаты будут способствовать внедрению в клиническую практику новых методов оказания помощи раненым и пострадавшим с острой массивной кровопотерей и при проведении реанимационных мероприятий.

Прогноз применения: Проведение доклинических исследований безопасности газовой смеси на основе инертных газов, проектирование и создание медицинского изделия (приставки к аппарату искусственной вентиляции легких) с целью смешивания и подачи газовой смеси с высоким содержанием инертных газов к пациенту через дыхательный контур.

Публикации:

Носов А.М., Петров В.А., Демченко К.Н., Моргунов Н.А., Лахин Р.Е., Жирнова Н.А., Колвзан С.П. Особенности течения травматического шока при использовании дыхательных смесей с повышенным содержанием инертных газов // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2023. Т. 25, № 3. С. 367–376. DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma456381>

Лахин Р.Е., Носов А.М., Жирнова Н.А., Колвзан С.П. Вентиляция аргоном улучшает выживаемость при геморрагическом шоке и реанимации (готовится к печати)

3. Применение тканеинженерного продукта из бесклеточной ткани пуповины человека в стимуляции заживления обширных и глубоких ран мягких тканей

Обширные или длительно незаживающие раны существенно снижают качество жизни больных и пострадавших, а также увеличивают сроки и стоимость лечения. Применение боеприпасов объемного взрыва, боеприпасов со стреловидными элементами, шариковыми наполнителями обуславливает многофакторность

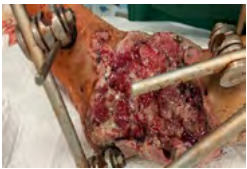


поражений организма человека, влекущих развитие коммоционно-контузионного синдрома. Одним из наиболее эффективных методов закрытия дефектов кожи и мягких тканей после ожогов, глубоких и обширных ран, язвенных процессов является свободная аутодермопластика расщепленным лоскутом. Однако отторжение кожного лоскута может достигать 20% и более в зависимости от характера и локализации ран. В случае огнестрельного ранения с дефектом мягких тканей состояние материнского ложа снижает вероятность приживления трансплантата.

Интенсивно развивающаяся область тканевой инженерии, а именно создание бесклеточных продуктов, способна предложить терапевтические подходы, влияющие на процесс регенерации глубоких повреждений кожи и мягких тканей.

Биоматериал провизорных органов для создания на их основе тканеинженерных продуктов (ТИП) является чрезвычайно перспективным, поскольку обладает высоким регенеративным потенциалом, обусловленным содержанием гиалуроновой кислоты, коллагенов и различных факторов роста.

Разработанный в Военно-медицинской академии тканеинженерный продукт (ТИП) на основе децеллюляризованного Вартонова студня пуповины человека был применен для улучшения приживаемости свободного полнослойного кожного аутодермотрансплантата у пострадавших с обширными осколочными и минно-взрывными ранениями конечностей.

Влияние тканеинженерного продукта на приживление аутодермотрансплантата оценивали на добровольцах, имеющих обширные послераневые дефекты мягких тканей нижних конечностей размером свыше 10x10 см. кв.

Пациент С.	Дефект мягких тканей в нижней трети голени размером 23,0x18,0 см Ранение в ходе СВО			
		Вид раны на первые сутки после иссечения некрозов мягких тканей.	Применен ТИП на основе Вартонова студня	Достигнута эпителизация на 4-ю неделю после аутодермопластики
Пациент И.	Дефект мягких тканей в верхней трети голени размером 16,0x,12,0 см Ранение в ходе СВО			
		Дефект мягких тканей при поступлении через 4 недели после ранения	Вид раны на пятые сутки после аутодермопластики кожным лоскутом.	Достигнута полноценная эпителизация через 6 недель после операции.

Применение тканеинженерного материала в сочетании с аутодермопластикой расщепленным трансплантатом позволило заместить дефекты мягких тканей нижних конечностей у обоих пострадавших в сроки до 6 недель. При использовании

ТИП на добровольцах отмечали отсутствие развития местных и общих инфекционных осложнений; значительное уменьшение объема раневого экссудата; быстрое формирование раневого струпа и ускорение краевой эпителизации. Изоляция раневой поверхности от окружающей среды струпом, содержащим ТИП, способствовала сохранению условий для оптимальной эпителизации. Препарат положительно влиял на приживление свободного рассеченного кожного аутотрансплантата.

Показано, что изготовленный тканеинженерный бесклеточный продукт из пуговины человека безопасен для применения, обладает биологической активностью и способствует ускоренному приживлению свободного рассеченного аутодермотрансплантата.

4. Замещение обширных дефектов нервов синтетическими кондуитами на основе полилактида с полипирролом (в эксперименте)

Актуальность исследования обусловлена возрастающей потребностью в совершенствовании подходов хирургического замещения обширных дефектов нервных стволов в связи с увеличением числа высокоэнергетических травм крупных нервов конечностей. Одним из способов восстановления анатомической целостности поврежденных нервов является соединение проксимального и дистального их концов с помощью кондуитов из материалов биологического и синтетического происхождения.

Соединение концов поврежденного в эксперименте нерва позволило предотвратить ретракцию проксимального и дистального концов вшитого в конduit нерва, а также препятствовало их вовлечению в послеоперационный рубец. Регенерирующие нервные волокна из проксимального конца вшитого в конduit нерва заполнили внутренний просвет имплантата и сформировали неврому. Таким образом, соединение концов поврежденного нерва с помощью кондуита из полилактида с полипирролом способствует сохранению относительно благоприятных условий для последующих реконструктивных операций на нервах.

Новизна и значимость: Экспериментально обоснован способ замещения обширного дефекта нерва синтетическим кондуитом. Применение метода может обеспечить восстановление обширных дефектов нервов и улучшение функционального исхода после ранений нервных стволов у человека.

Прогноз применения: Использование кондуита из полилактида с полипирролом для соединения концов поврежденных нервов в качестве самостоятельного оперативного приема может использоваться для индуцирования направленного роста регенерирующих нервных волокон из проксимального сегмента для реиннервации дистального сегмента восстанавливаемого нерва в условиях стимулирования роста.



Рис. 57. Внешний вид имплантированного кондуита

5. Обучающие программы платформы SMART (Современные Методы и Алгоритмы лечения ранений и травм)



Рис. 58. Курс SMART ХП



Рис. 59. Курс SMART ПП



Рис. 60. курс SMART РЭБОА

Сущность-Разработка и внедрение серии обучающих практических курсов, предназначенных для подготовки гражданских и военных специалистов по актуальным вопросам военно-полевой хирургии и хирургии повреждений. Создана полноценная инфраструктура для обучения, включая операционные, для отработки навыков на живых биологических объектах. Разработаны обучающие программы платформы SMART с акцентом на особенности лечения боевой патологии. Проведены обучающие курсы платформы SMART: SMART ХП (хирургия повреждений) (Рис. 58), SMART ВПХ (военно-полевая хирургия), SMART ПП (прием пострадавшего) (Рис. 59), SMART РЭБОА (базовые навыки эндоваскулярной хирургии) (Рис. 60).

Новизна: Необходимо актуализировать знания по вопросам боевой хирургической патологии у военных медицинских работников и обучить гражданских специалистов с учетом опыта СВО. Основы теории и практические навыки по военно-полевой хирургии и хирургии военного времени с учетом опыта вооруженных конфликтов в полной мере можно получить только в стенах Военно-медицинской академии и в частности на кафедре военно-полевой хирургии. Профессорско-преподавательский состав кафедры военно-полевой хирургии имеет боевой опыт – оказание хирургической помощи в вооруженных конфликтах, опыт преподавания ВПХ. В академию поступают просьбы от Минздрава России об организации обучения медицинских работников медицинских организаций субъектов России по программам повышения квалификации.

Значимость: Отсутствие представления о боевой хирургической патологии работников Минздрава России – врачей-специалистов (хирургов). Утрата компетенций и навыков по оказанию хирургической помощи раненым военно-медицинскими специалистами. Недостаточное понимание или полное отсутствие представления об этапности и преемственности при оказании помощи во время медицинской эвакуации. Отсутствие полноценных образовательных платформ для практического обучения медицинских специалистов по оказанию хирургической помощи раненым и пострадавшим.

Прогноз применения: Реалистичная платформа обучения со своим оборудованием и операционными, тренажерами-симуляторами позволит обучать и совершенствовать навыки специалистов по оказанию помощи при тяжелой травме и боевой патологии.

6. Мультиmodalная схема обезболивания при резистентных формах невропатического болевого синдрома травматического генеза, в т.ч. при фантомном болевом синдроме

В 2022-2023 гг. в Военно-медицинской академии проведены разработка, внедрение и в настоящее время успешно применяется многокомпонентная схема консервативного лечения невропатического болевого синдрома (резистентного к стандартным обезболивающим схемам терапии) у пациентов с изолированными, сочетанными и комбинированными травмами периферической нервной системы, в т.ч. у пациентов с фантомным болевым синдромом.

Применение мультиmodalной схемы обезболивания при резистентных формах невропатического болевого синдрома травматического генеза более, чем у 250 пациентов продемонстрировало высокую эффективность (87% – для травматических невро - и плексопатий, 94% – для фантомного болевого синдрома) и безопасность применения.

Мультиmodalная схема обезболивания основана на прямой и опосредованной активации дофаминергической антиноцицептивной системы организма и её модулирующего действия на другие центральные нейромедиаторные механизмы обезболивания за счет добавления к традиционной схеме лечения невропатического болевого синдрома препаратов с дофаминомиметическим действием (агонистов дофаминовых рецепторов) (согласно распоряжению Правительства Российской Федерации № 1180-р от 16.05.2022 г.).

Вовлеченность дофаминергических структур центральной нервной системы в механизмы формирования невропатического болевого синдрома травматического генеза была оценена с помощью функциональной магнитно-резонансной томографии (1,5 Тл) покоя в режиме «мультипланарное градиентное эхо» (последовательность BOLD) с препроцессингом полученных данных (программное обеспечение CONN functional connectivity toolbox), а также по результатам твердофазного иммуноферментного анализа, продемонстрировавшего повышение уровня аутоантител к рецепторам дофамина в крови раненых с травмой периферической нервной системы.

Изучены функциональные связи между основными нейросетями покоя у пациентов с острым невропатическим болевым синдромом (до 12 недель после ранения) в сравнении с контрольной группой. Установлено, что при невропатическом

болевым синдроме травматического генеза происходит чрезмерная активация структур болевого коннектома и нарушение функциональной регуляции между структурами сети покоя и сети выявления значимости, основными центрами которой является передняя островковая и передняя поясная кора (Рис. 61).

Нарушение функциональной коннективности между структурами сети покоя и сети выявления значимости считается одним из ключевых аспектов централизации хронического болевого синдрома.

Прямые и опосредованные эффекты адьювантной дофаминергической терапии позволяют минимизировать применение наркотических анальгетиков и профилактировать развитие аддиктивных нарушений, связанных с их вынужденным длительным применением, а также сократить число нейрохирургических вмешательств на структурах нервной системы, улучшить качество жизни раненых.

Руководитель – начальник кафедры нервных болезней д.м.н. профессор И. Литвиненко, исполнители – начальник неврологического отделения к.м.н. С.

Коломенцев, соисполнители – заместитель начальника кафедры нервных болезней д.м.н. профессор Н. Цыган, преподаватель кафедры нервных болезней к.м.н. А. Булатов и др.

Публикации:

Коломенцев С.В., Литвиненко И.В., Цыган Н.В., Булатов А.Р., Гайворонский А.И., Коломенцева А.В., Полушина Н.Ю., Рябцев А.В., Панов В.А., Шерматюк Е.И., Полежаев П.А., Кирпиченко А.А., Ярославцева М.С. Особенности диагностики, лечения и курации пациентов с невропатическим болевым синдромом травматического генеза // Известия Российской военно-медицинской академии. 2023. Т. 42. № 4. С. 357–367. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar611148>

Коломенцев С.В., Коломенцева А.В., Полежаев П.А., Ярославцева М.С., Кирпиченко А.А., Рябцев А.В., Полушина Н.Ю., Цыган Н.В., Литвиненко И.В. Метод оценки выраженности и мониторинга эффективности лечения невропатического болевого синдрома // Известия Российской военно-медицинской академии. 2023. Т. 42. № 4. С. 349–356. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar611147>

Коломенцев С.В., Полежаев П.А., Гайворонский А.И., Коломенцева А.В., Цыган Н.В., Литвиненко И.В. Современные концепции лечения фантомного болевого синдрома // Известия Российской военно-медицинской академии. 2023. Т. 42. № 4. С. 349–356. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar611147>

Коломенцев С.В., Полежаев П.А., Гайворонский А.И., Коломенцева А.В., Цыган Н.В., Литвиненко И.В. Современные концепции лечения фантомного болевого синдрома // Известия Российской военно-медицинской академии. 2023. Т. 42. № 4. С. 349–356. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar611147>

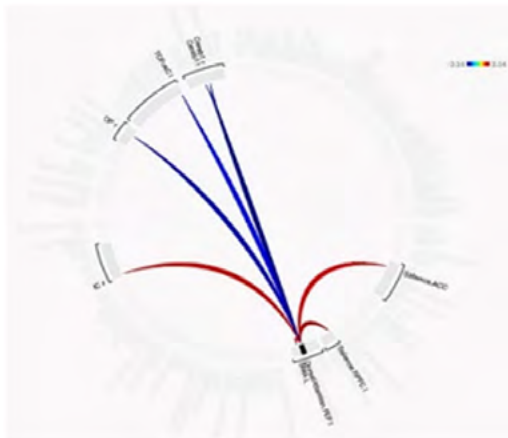


Рис. 61. Диаграмма функциональной связности при анализе методом сравнения областей интереса («ROI-to-ROI») в группе контроля. Усиление функциональной коннективности с островковой долькой, добавочной моторной, передней поясной и префронтальной корой (отмечены красными линиями); снижение функциональной коннективности с ножками мозжечка, фузиформной корой, полюсом затылочной доли у пациентов с невропатическим болевым синдромом травматического генеза (отмечены синими линиями)

го синдрома // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2023. Т. 25, № 3. С. 515–527. DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma340914>

Рукопись получена: 23.04.2023 Рукопись одобрена: 19.07.2023 Опубликовано: 20.09.2023

7. Прогресс в персонализированном применении аддитивных технологий в медицине. Поиск новых направлений в технологии 3D-печати, их апробация и использование в медицине

Новизна: В сформировавшемся устойчивом спросе на новое качество оказания медицинской помощи разработаны современные технологии создания анатомических моделей сложных костей и органов, тренажеров для врачей для образовательного процесса и постдипломной подготовки, индивидуальных шин (лонгет) для иммобилизации переломов костей кисти и дистального отдела предплечья, предоперационных физических моделей патологического состояния костей и внутренних органов вследствие ранений, травм и заболеваний, создания индивидуальных медицинских инструментов для выполнения уникальных операций и печати некоторых одноразовых медицинских инструментов при нахождении в автономных условиях.

Для ускоренной остеоинтеграции костных имплантатов впервые апробирована методика создания цифровых моделей индивидуальных краниоимплантатов с реальной проверкой их соответствия дефекту черепа для их последующей печати на аутсорсинге с биоинертного сплава титана.

Значимость: Разработанные технологии повышают качество образования и постдипломной подготовки врачей, улучшают визуализацию и с помощью физических моделей костей и органов ускоряют подготовку, планирование и клинический исход сложных операций, представляют возможность персонализированного создания имплантатов и, в конечном исходе делают качественную медпомощь более доступной.

Прогноз применения: Для персонализированной и высокотехнологичной медицины. Использование в комплексном хирургическом лечении травм, ранений и заболеваний.

Авторы: Головки К.П., Пелешок С.А., Титова М.В., Елисеева М.И., Воробьев А.Е.

Публикации:

3D-печать и медицина / Пелешок С.А., Головки К.П. // Известия Российской Военно-медицинской академии. 2022. Т. 41. № 3. С. 325-333.

Аддитивные технологии в военном деле / Пелешок С. А., Фисун А.Я., Морозов А.В., Калинин С.В., Елисеева М.И. // Известия Российской военно-медицинской академии. 2021. Т. 40. № 2. С. 5-12.



Рис. 62. Примеры 3D-печати различных анатомических моделей

Технологии 3D-печати в лечении пациентов с травмами и заболеваниями предплечья и кисти / Хомянец В.В., Пелешок С.А., Волов Д.А., Титова М.В., Елисеева М.И., Кушнарев С.В., Ширшин А.В., Адаменко В.Н., Небылица Я.И. // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2020. № 1 (69). С. 113-118.

8. Система оказания психиатрической помощи военнослужащим в условиях специальной военной операции

На основании накопленного опыта была сформулирована усовершенствованная концепция организации психиатрической помощи военнослужащим со стресс-ассоциированными психическими расстройствами в условиях боевых действий. В основу ее был положен «уровневый принцип» диагностики и сортировки пострадавших, а также расчета возможных санитарных потерь, позволяющего планировать необходимые силы и средства для оказания психиатрической помощи.

Новизна: В рамках проводимой на кафедре научной работы впервые предложено и реализовано оказание специализированной психиатрической помощи военнослужащим со стресс-ассоциированными психическими расстройствами на этапах медицинской эвакуации. Данная система в полной мере позволяет оказывать как неотложную, так и специализированную помощь военнослужащим со стресс-ассоциированными психическими расстройствами (Рис. 63).

Внедрение данного алгоритма позволило возвращать в строй с передовых этапов оказания помощи 83,6% военнослужащих.

Значимость: Результаты внедрения данной системы позволили существенно – до 1,7% сократить санитарные потери психиатрического профиля.

Прогноз применения: Результаты научной работы по оказанию психиатрической и медико-психологической помощи военнослужащим в условиях специальной военной операции могут быть использованы в ходе возможных вооруженных конфликтов.

Публикации:

Стресс-ассоциированные психические расстройства у военнослужащих / Д. В. Тришкин, А. А. Серговец, В. К. Шамрей, Е.С. Курасов, А.А. Марченко // Военно-медицинский журнал. – 2023. – Т. 344, № 6. – С. 4-14. – DOI 10.52424/00269050_2023_344_6_4. – EDN BLWRWT.

Методические указания по оказанию психиатрической помощи и проведению медицинского освидетельствования военнослужащим – участникам специальной военной операции / Под редакцией начальника Главного военно-медицинского управления Министерства обороны Российской Федерации действительного государственного советника Российской Федерации 3 класса, Д.В. Тришкина. – М.: ГВМУ, 2023. – 42 с.

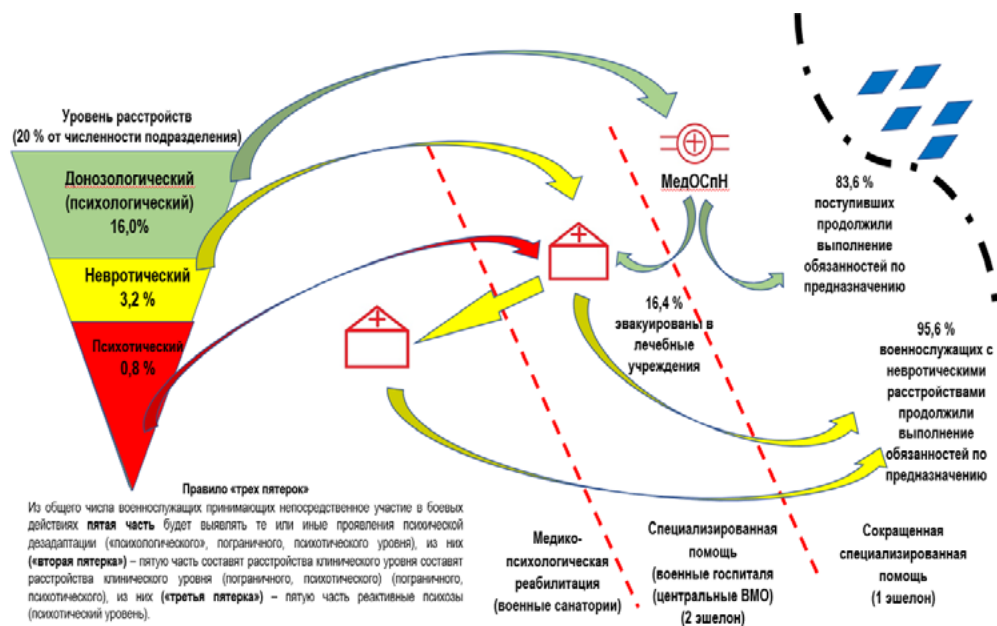


Рис. 63. Оказание специализированной помощи при стресс-ассоциированных психических расстройствах в период СВО

9. Высокотехнологичные вмешательства по удалению инородных тел (осколков) в урологической практике.

Сущность. Актуальность продиктована значимостью инновационных технологий в урологической практике и стремлением к минимизации степени инвазивности оперативных вмешательств, в том числе у пациентов с боевой травмой органов мочеполовой системы.

Методика заключается в малоинвазивном эндоскопическом доступе к нижним мочевым путям с целью удаления инородных тел мочевого пузыря, предстательной железы, уретры. Первым этапом производится трансуретральная установка проводника в мочевой пузырь с целью ориентира (Рис. 64), затем осуществляется бужирование цистостомического хода (Рис. 65). Далее выполняется антеградная цистография (Рис. 66) и установка тубуса рабочего инструмента (Рис. 67). По тубусу позиционируется механический цистолитотриптер (Рис. 68). Под рентгенологическим и визуальным контролем выполняется удаление инородного тела (Рис. 69). Внешний вид осколка (Рис. 70).

Новизна: Разработан и внедрен в клиническую практику способ эндоскопического трансвезикального удаления инородных тел нижних мочевых путей.

Практическая значимость и прогноз применения: Установлено, что предложенный способ позволяет добиться лучших клинических результатов лечения, избежать открытых хирургических вмешательств, сократить сроки пребывания в стационаре, уменьшить длительность временной нетрудоспособности пациентов.

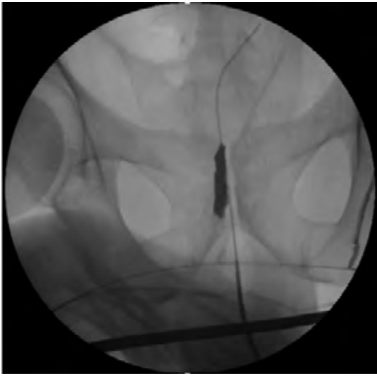


Рис. 64



Рис. 65



Рис. 66



Рис. 67



Рис. 68

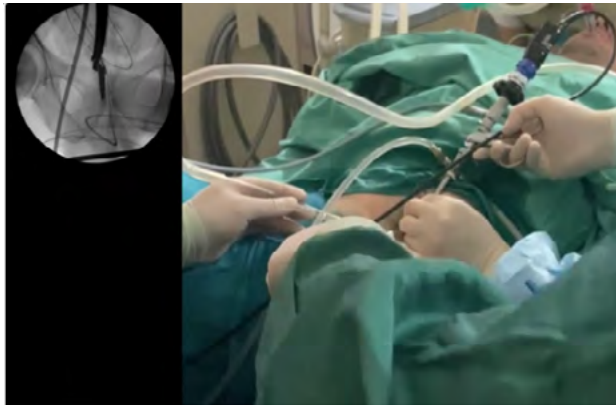


Рис. 69



Рис. 70

10. Разработка тест-систем ПЦР-РВ для идентификации молекулярно-генетических маркеров лекарственной резистентности *Plasmodium falciparum* у больных тропической малярией

На основе данных об основных генетических полиморфизмах, ассоциированных с признаками высокой вирулентности и лекарственной устойчивости возбудителей тропической малярии разработана серия тест-систем ПЦР-РВ, обеспечивающих возможность определения резистентности *P.falciparum* к антималярийным препаратам и маркеры злокачественного течения у больных тропической малярией.

Новизна: В исследовательском проекте за счет расширения сферы применения генетических технологий на основе этиопатогенетических особенностей заболевания изучена возможность внедрения нового метода ранней диагностики лекарственной устойчивости *Plasmodium falciparum* у больных тропической малярией.

Значимость: Разработаны тест-системы на основе технологии ПЦР в режиме реального времени для выявления молекулярно-генетических маркеров лекарственной резистентности *P. falciparum* путем идентификации специфических SNP мутаций: K76T гена PfCRT; N86Y, N1042, S1034C, D1246Y гена PfMDR1; N569K, A630S гена PfATP6; S108N гена PfDHFR; K540E гена PfDHPS; A578S гена PF kelch protein K13.

Прогноз применения: Полученные результаты планируется использовать для обеспечения системы противомаларийной защиты войск, выполняющих различные задачи по защите интересов Российской Федерации в условиях Западной Африки и Юго-Восточной Азии.

Авторы: А.И. Соловьев, А.Р. Арюков, В.А. Романенко, Е.В. Ивченко

11. Возможности индивидуальной 3D печати и трехмерного прототипирования в замещении обширных дефектов костной ткани.

Методика хирургического лечения обширных дефектов проксимального отдела плечевой кости с использованием индивидуальных имплантов, напечатанных при помощи 3D принтера, начала внедряться в работу кафедры военной травматологии и ортопедии с июля 2023 года. На сегодняшний момент происходит подготовка к изданию публикаций по предложенному методу хирургического лечения. Применение боеприпасов объемного взрыва, боеприпасов со стреловидными элементами, шариковыми наполнителями обуславливает многофакторность поражений организма человека, влекущий развитие коммоционно-контузионного синдрома, приводят к возникновению обширных дефектов мягких тканей, протяженных костных дефектов. На сегодняшний день при сохранении кровоснабжения и иннервации конечности возможно восполнение костных дефектов вторым этапом лечения после восстановления покровных тканей и элиминации инфекционных агентов. Одним из наиболее часто используемых методов реконструкции дефектов костной ткани после ранения является пластика костным аутотрансплантатом в свободной форме или на питающей ножке. Интенсивно развивающаяся область аддитивных технологий, а именно трехмерное прототипирование и 3D-печать индивидуальных титановых имплантов способна предложить новые возможности в

фиксации костных отломков и костных трансплантатов, влияющие на процесс ремоделирования трансплантатов, скорость выполнения оперативного вмешательства и восстановление функции конечностей.

Разработанный в Военно-медицинской академии способ замещения костного дефекта с применением трехмерного прототипирования и индивидуальной пластины из никелида титана позволяет сохранить конечность с удовлетворительным функциональным результатом.

Представленный на Рис. 71 клинический случай с обширным дефектом мягких тканей плеча и надплечья, дефектом костной ткани плечевой кости и множественным переломом лопатки исключал эндопротезирование плечевого сустава, а восполнение костного дефекта с помощью стандартизированных пластин не представлялось возможным. Применение трехмерного прототипирования и индивидуальной пластины из никелида титана позволило прочно установить костный ауто трансплантат, обеспечив условия его ремоделирования, сохранить верхнюю конечность с удовлетворительной функцией, при этом срок операции не превысил 2,5 часов. Показано, что трехмерное прототипирование позволяет спланировать операционный процесс и значительно сократить время операции. Изготовленный имплант из никелида титана с помощью 3D-печати позволил учесть сложную конфигурацию положения отломков лопатки, ауто трансплантата и дистального отдела плечевой кости и выполнить их остеосинтез безопасно, прецизионно и быстро.

Авторы: д.м.н., полковник м/с Хоминец В.В., Волов Д.А.

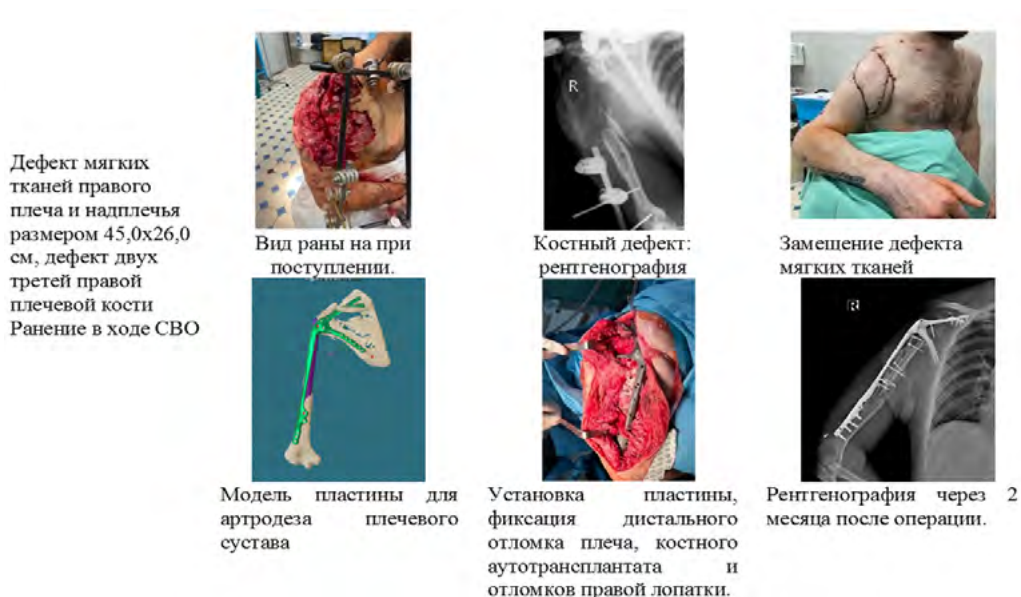


Рис. 71. Изготовленный имплант с помощью 3D-печати позволил установить костный ауто трансплантат, сохранить верхнюю конечность, учесть сложную конфигурацию положения отломков лопатки, ауто трансплантата и дистального отдела плечевой кости, выполнить их остеосинтез безопасно, прецизионно и быстро

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ НАУЧНЫХ ЦЕНТРАХ И ГОСУДАРСТВЕННЫХ КОРПОРАЦИЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РАН в соответствии с Федеральным законом № 253-ФЗ запросила в государственных корпорациях «Роскосмос», «Ростех» и «Росатом», в РФ и в 45 государственных научных и научно-исследовательских центрах Российской Федерации сведения о выполненных в 2023 году фундаментальных исследованиях.

Материалы представили все госкорпорации и 36 государственных научных институтов и научно-исследовательских центров Российской Федерации.

Большая часть представленных результатов носит прикладной характер. Некоторые результаты фундаментально ориентированных научных исследований, выполненных в государственных корпорациях и научных центрах, приводятся ниже.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ ПРОФЕССОРА Н.Е. ЖУКОВСКОГО" (ЦАГИ)

1. Перераспределение спектра шума ударных волн как средство снижения шума перспективных самолетов с двигателями высокой степени двухконтурности.

Разработан новый подход к снижению шума на местности перспективных самолетов с двигателями высокой степени двухконтурности, основанный на малых изменениях в установочной геометрии лопаток вентилятора, не влияющих на эксплуатационные характеристики двигателя. Построена физическая модель, позволяющая качественно оценить эффективность предложенного подхода.

Одним из основных источников шума двигателя современного самолета является вентилятор, шум которого особенно существенен на взлетном режиме при больших угловых скоростях вращения лопаток. На таких режимах реализуется сверхзвуковое обтекание концов лопаток вентилятора, что приводит к образованию ударных волн, распространяющихся вверх по потоку (Рис. 72а) и, излучающихся в дальнее поле в виде тонального или мультитонального спектра.

Построенная квазиодномерная модель распространения системы ударных волн по каналу двигателя основана на аналитическом решении Л.Д. Ландау. Сравнение модели с более точными двумерными и трехмерными расчетами показало хорошее согласование. При идентичной геометрии лопаток образуется регулярная структура бегущих ударных волн, спектр которых содержит в себе компоненту на частоте следования лопаток и ее гармоники. Ключевой особенностью распространения ударных волн является нелинейность процесса, которая приводит к тому, что даже малые начальные возмущения в структуре ударных волн могут привести к существенным различиям на выходе из канала двигателя и, как следствие – к снижению тона на частоте следования лопаток и появлению так называемых роторных гармо-

ник (Рис. 72б), которые слабо излучаются в дальнее поле. Такое перераспределение энергии в более низкие частоты дает новый ресурс снижения шума самолета с помощью контролируемого малого изменения установочной геометрии лопаток вентилятора двигателя.

Предложенная модель позволяет быстро проводить серии расчетов для определения характеристик ударных волн, оптимальных с точки зрения шума самолета на местности.

Авторы: В.Ф. Копьев, М.А. Юдин, С.А. Чернышев, Г.А. Фараносов, М.А. Демьянов, О.П. Бычков

Публикация:

1. М.А. Юдин, В.Ф. Копьев, С.А. Чернышев, Г.А. Фараносов, М.А. Демьянов, О.П. Бычков. Об эволюции системы ударных волн, создаваемых лопатками вентилятора // Акустический журнал (принято к печати).

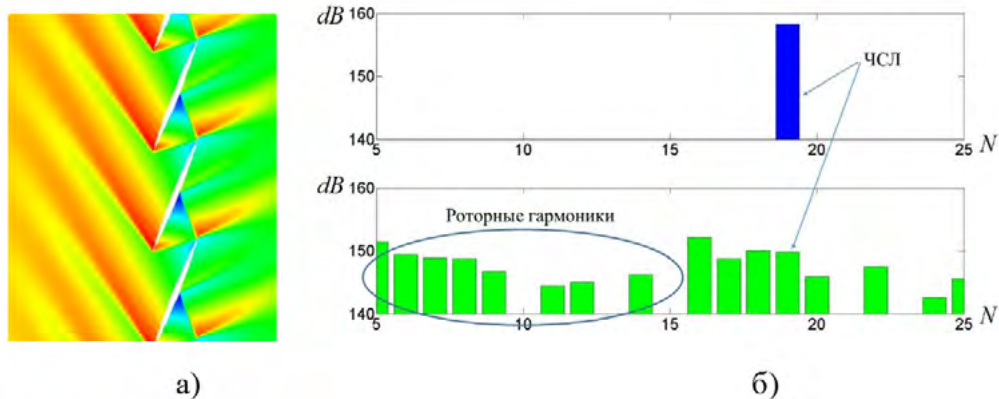


Рис. 72 а) система ударных волн при сверхзвуковой скорости лопаток;
 б) перераспределение энергии в спектре ударных волн: уменьшение на частоте следования лопаток (ЧСЛ) и появление роторных гармоник

2. Прочность конструкций из отечественных композиционных материалов перспективных самолетов при широком спектре внешних механических и климатических воздействий

Одним из важных приоритетных направлений развития фундаментальной и прикладной науки при создании перспективных металло-композиционных конструкций, обладающих повышенными эксплуатационными характеристиками, является прочность. В 2023 году в центре прочности ФАУ «ЦАГИ» закончены исследования характеристик статической прочности конструкций из отечественных композиционных материалов перспективных самолетов при широком спектре внешних механических и климатических воздействий (Рис. 73, Рис. 74).

Впервые в Российской Федерации обоснована прочность металло-композиционных конструкций крыла и оперения с силовыми элементами из анизотропных неметаллических материалов, изготовленных по отечественным технологиям.



Рис. 73. Испытания крыла из ПКМ с нагревом

Принятый экспериментальный подход обусловлен тем, что наличие ответственных силовых элементов из композиционных материалов в конструкции пассажирских самолетов не имело надежного научно-технического задела в части прочности.

Разработаны и обоснованы новые критерии прочности и устойчивости силовых элементов, соединений, агрегатов с учетом анизотропии и повышенного раз-

броса свойств материалов и технологических процессов производства, комплексного – статического и циклического воздействий силовых нагрузок и длительных воздействий агрессивных факторов внешней среды: влаги, положительной и отрицательной температур, технологических жидкостей. На основе вновь разработанных технологий прочностных испытаний и созданных экспериментальных стендов получены доказательные материалы для оформления в части прочности «Сертификата летной годности» самолета МС-21-300 с силовыми агрегатами из отечественных композиционных агрегатов.

Авторы: В.И. Голован, А.С. Дзюба, М.В. Лимонин, Е.Э. Осипян, В.Я. Цыганков, В.Н. Щербаков

Публикация: Научно-методические результаты исследований статической прочности и устойчивости изложены в монографии авторов В.И. Голован, В.И. Гришин и др. «Проектирование, расчеты и статические испытания металло-композиционных конструкций» (Москва, Техносфера, 2022).

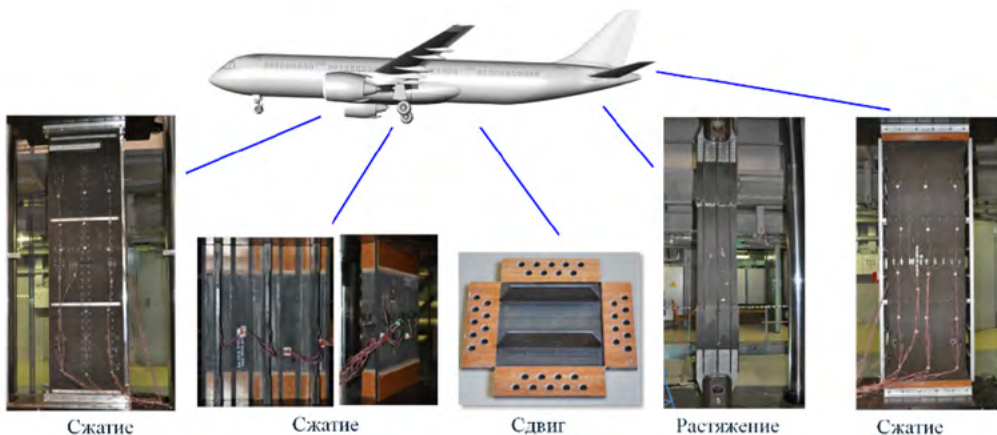


Рис. 74. Комплексные статические испытания с дефектами и повреждениями, с холодом и теплом

3. Проектирование стреловидного крыла с адаптивной задней кромкой

Современное состояние мировой гражданской авиации характеризуется чрезвычайным обострением конкурентной борьбы между производителями авиационной техники, вынужденными снижать издержки производства и улучшать эффективность летательных аппаратов. Поэтому даже небольшое улучшение аэродинамических характеристик магистральных самолетов вызывает повышенный интерес со стороны промышленности. Несмотря на, казалось бы, исчерпанный потенциал классической компоновки пассажирского самолета, существует ряд идей по дальнейшему повышению ее эффективности, в том числе и по линии аэродинамики.

Одно из перспективных направлений в области аэродинамики гражданских самолетов предполагает внедрение так называемых адаптивных крыльев. По сравнению с крылом фиксированной формы, применение адаптивной задней кромки может дать следующие преимущества:

- поддержание оптимальной эффективной вогнутости профилей крыла по размаху для сохранения оптимального распределения давления и минимизации профильного/волнового и балансировочного сопротивления при разных значениях коэффициента подъемной силы;
- увеличение запаса по бафтингу, недостаток которого может привести к эксплуатационным ограничениям, особенно в начале полета при максимальном весе;
- возможность перераспределения нагрузки по размаху, которое может снизить изгибающий момент на критических режимах, что делает крыло легче;
- при быстрых реакциях можно получить снижение нагрузок от турбулентности набегающего потока;
- расширение возможных границ семейства самолетов с одним и тем же крылом.

Естественно, что применение адаптивных элементов не должно приводить к появлению паразитного сопротивления из-за уступов и/или щелей, которое обнулит все преимущества. Увеличение веса, сложности и стоимости самолетных систем также нежелательно. Особое внимание необходимо уделить надежности применяемых конструктивных решений, анализу последствий отказа, а также возможным путям резервирования.

Для реализации концепции адаптивной задней кромки у разработчиков перспективных летательных аппаратов есть различные альтернативные варианты механизации задней кромки. Отклонения внутреннего и внешнего закрылков дают дополнительную свободу для оптимизации крейсерской геометрии крыла на различных режимах полета. В принципе, с учетом этой свободы должна строиться оптимизация основного крыла (Рис. 75). Это можно сделать при помощи следующего алгоритма:

- поиск оптимальных углов отклонения для всех рассматриваемых режимов начального крыла;
- новая многорежимная оптимизация с «замороженными» углами отклонения закрылков;
- поиск новых оптимальных углов отклонения и т.д.

Авторы: А.Л. Болсуновский, Н.П. Бузовера, И.Л. Чернышев

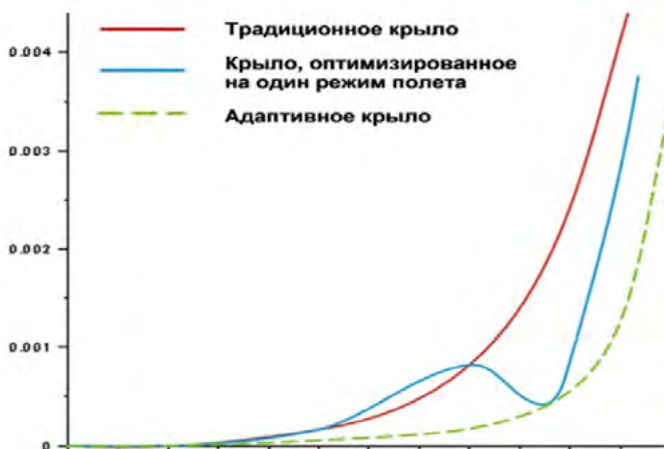


Рис. 75. Уменьшение сопротивления при использовании адаптивных крыльев

4. Применение активного демпфирования и снижения нагрузок

С целью повышения летно-технических характеристик самолета разработана технология активного демпфирования и снижения нагрузок, действующих на несущие поверхности воздушного судна. Научная новизна работы по сравнению с аналогами заключается в том, что для демпфирования упругих колебаний конструкции летательного аппарата планируется применять не только рулевые поверхности, расположенные на крыле, но и на киле и стабилизаторе. Тем самым обеспечивается более точная настройка тона колебаний, амплитуду которого следует уменьшить, а также появляется возможность снизить нагрузки на киль и стабилизатор при порывах и полете в неспокойной атмосфере. При этом проводится виртуальное моделирование эксперимента по снижению нагрузок.

В ходе исследований разработана расчетная модель активной системы управления (АкСУ) нагрузками крыла самолета транспортной категории, включающая в себя математические модели физической динамически-подобной модели (ДПМ) консоли крыла и замкнутого контура управления АкСУ (Рис. 76).

Расчетным методом показано, что предложенный принцип работы модели АкСУ обеспечивает эффективное демпфирование упругих колебаний консоли крыла в диапазоне полосы пропускания системы (до ~10 Гц).

В результате испытаний ДПМ в дозвуковой аэродинамической трубе показано, что эффективность работы АкСУ растет с увеличением скорости потока; амплитуда первого тона колебаний консоли крыла, измеренная по датчику на законцовке, при этом уменьшается в 3 раза на скорости 20 м/с, в 3,5 раза на скорости 25 м/с и в 3,75 раз на скорости 30 м/с (Рис. 77).

Автор: Г.В. Лисейкин.

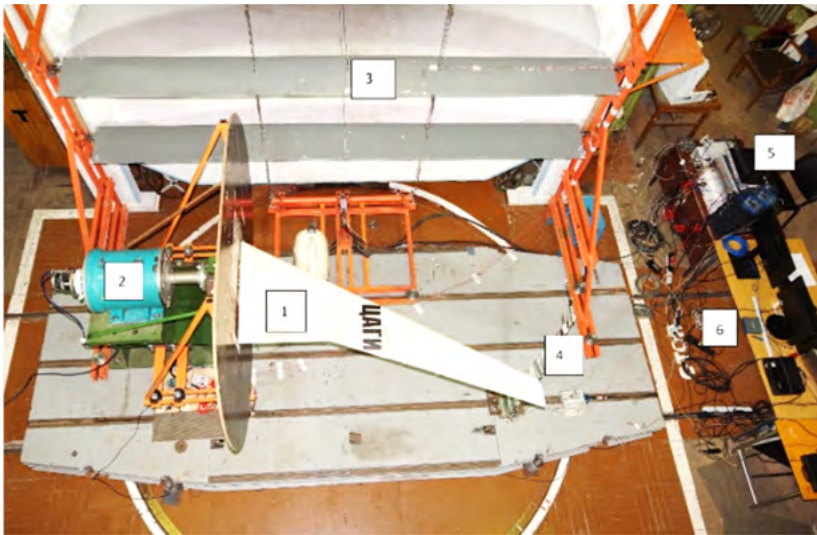


Рис. 76. Внешний вид установки для испытаний модели АкСУ в дозвуковой аэродинамической трубе

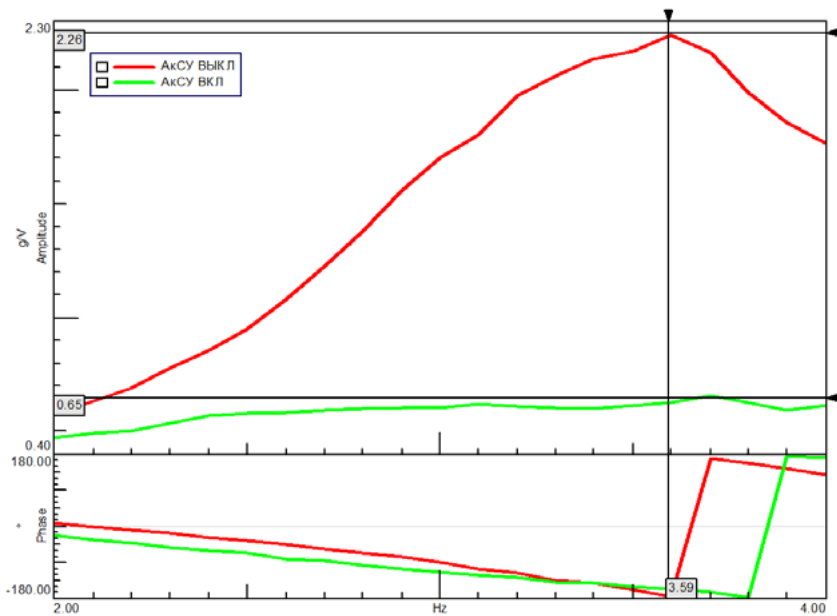


Рис. 77. Сравнение АФЧХ ДФМ по акселерометру на законцовке консоли крыла с включенной и выключенной АкСУ в окрестности первого тона колебаний ДФМ при скорости потока 25 м/с

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ - ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ А.И. ЛЕЙПУНСКОГО"**

Жидкостные лазеры нового типа с диодной накачкой

В настоящее время для создания мощных лазерных систем мульткиловаттного уровня используются в основном твердотельные активные элементы. В этих технологиях одной из ключевых проблем, ограничивающих выходную мощность лазерной установки, является организация эффективного теплоотвода от активной среды. Кроме того, физико-химические свойства твердотельных элементов не позволяют значительно увеличивать ресурс работы и создавать устройства с минимальными массогабаритными характеристиками. Перспективным представляется использование жидкостных лазерно-активных сред.

В АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» разработаны уникальные технологии синтеза и проводятся исследования физико-химических свойств, спектрометрических и лазерных характеристик неорганических лазерно-активных жидкостей, активированных прежде всего ионами Nd^{3+} . В 2023 году впервые были приготовлены лазерно-активные жидкости, активированные ионами Yb^{3+} с квантовым выходом люминесценции > 0.8 .

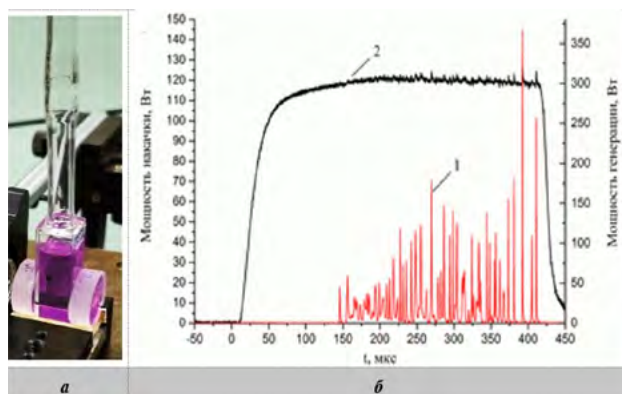


Рис. 78. Общий вид жидкостного лазера (а) и импульсы лазерной генерации (б) в лазерно-активной среде, активированной ионами Yb^{3+} :
1 – лазерная генерация; 2 – импульс накачки

Ванна прежде всего ионами Nd^{3+} . В 2023 году впервые были приготовлены лазерно-активные жидкости, активированные ионами Yb^{3+} с квантовым выходом люминесценции > 0.8 .

На этих жидкостях была получена лазерная генерация при диодной накачке с эффективностью преобразования энергии накачки в энергию лазерного излучения 20%.

Проведенные исследования являются уникальными и выполнены впервые. Результаты работы показали, что в настоящее время возможно создание на базе жидкостных

активных сред лазерных комплексов нового поколения импульсного и непрерывного действия со средней мощностью более 100 кВт и с высоким качеством выходного лазерного излучения.

Авторы: Денежкин И.А., Кухарчук О.Ф., Подкопаев А.В., Серегина Е.А., Суворов А.А., Тихонов Г.В.

Публикация:

Серегина Е.А., Серегин А.А., Тихонов Г.В., Подкопаев А.В. Спектральные и люминесцентные свойства Yb^{3+} в растворах $CCl_4-GaCl_3-Yb^{3+}$ // Оптика и спектроскопия. Т.131. №3. 2023. С.332-340.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
"ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ"
(НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»)**

**1. Полунатурный испытательный комплекс отработки и интеграции
комплекса бортового оборудования самолета SSJ-NEW («Электронная
птица SSJ-NEW» - Комплекс «ЭП-NEW»)**

Комплекс «ЭП-NEW» (Рис.79) предназначен для интеграции комплекса бортового оборудования (далее – КБО) самолета SSJ-NEW и проведения сертификационных испытаний, включая условия внештатных ситуаций и отказов оборудования. Комплекс гармонично сочетает в себе проверенную идеологию полунатурного моделирования, передовой опыт отечественной авиационной отрасли и современные технологии проектирования.

Новизна: Имитационная среда реализована по принципу интегрированной модульной авионики и представляет собой набор стандартных вычислителей, объединенных высокоскоростной сетью в распределенную вычислительную систему, на которой развернуто специальное программное обеспечение для организации совместной работы моделирующих и интерфейсных программ. Такой подход к построению имитационной среды минимизирует риски, связанные с изменениями исходных данных.

Комбинация имитационной среды, подсистемы коммутации сигнальных линий и инструмента интеграции математических моделей дает возможность оперативно переключать режимы работы блоков и систем. При необходимости каждый физический блок может быть заменен его информационной моделью, что дает возможность продолжать отработку КБО в условиях отсутствия части блоков, например, при их отправке производителю на доработку или в ремонт. Такая возможность позволяет выдержать жесткие сроки отработки КБО в целом.

Значимость: Основной задачей комплекса является поэтапное тестирование КБО в рамках подготовки к первому полету самолета и началу сертификационных испытаний. Основным режимом функционирования комплекса является полунатурное моделирование полета самолета, при котором экипаж отрабатывает режимы, которые в реальном полете трудно выполнимы, опасны или экономически нецелесообразны.

Комплекс «ЭП-NEW» является примером успешной кооперации промышленности и прикладной авиационной науки, имеющим стратегически важное значение, поскольку одновременно решает задачи, связанные с реализацией проекта SSJ-NEW, и формирует научно-технологический задел для дальнейшего развития отечественной гражданской авиации на ближайшие десятилетия.

Прогноз применения: Комплекс «ЭП-NEW» будет использоваться на всех этапах жизненного цикла для решения задач по сертификации, модернизации, изменению состава оборудования и отработки критических ситуаций.

Авторы: Филиппов А.Н., Давыдов А.В., Кульчак А.М., Гнедов А.В., Дорофеев А.Е., Полозков П.А., Корнеев Д.А., Карпенко Д.Д., Козлов В.В., Мазанов Д.В., Давыдов Д.А.

Публикации:

Программа для ЭВМ «Программное обеспечение исполнительного модуля для работы в распределенной вычислительной сети». Филиппов А.Н., Симонов П.И. (уведомление в ФГБУ «НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского» от 10.11.2023 № 0062/8179 о создании результата интеллектуальной деятельности).

Программа для ЭВМ «Программное обеспечение модуля регистрации системных событий исполнительного модуля»: Филиппов А.Н., Симонов П.И., Клесова Ю.В. (уведомление в ФГБУ «НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского» от 10.11.2023 № 0062/8178 о создании результата интеллектуальной деятельности).

Программа для ЭВМ «Программное обеспечение модуля локального интерфейса». Филиппов А.Н., Симонов П.И. (уведомление в ФГБУ «НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского» от 10.11.2023 № 0062/8177 о создании результата интеллектуальной деятельности).

Программа для ЭВМ «Программное обеспечение модуля балансировщика нагрузки передаваемых пакетов в сеть ADN». Филиппов А.Н., Симонов П.И. (уведомление в ФГБУ «НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского» от 10.11.2023 № 0062/8176 о создании результата интеллектуальной деятельности).

Программа для ЭВМ «Программное обеспечение модуля передатчика пакетов в сеть ADN». Филиппов А.Н., Симонов П.И. (уведомление в ФГБУ «НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского» от 10.11.2023 № 0062/8175 о создании результата интеллектуальной деятельности).

Программа для ЭВМ «Программное обеспечение модуля формирователя пакетов для сети ADN». Филиппов А.Н., Симонов П.И. (уведомление в ФГБУ «НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского» от 10.11.2023 № 0062/8174 о создании результата интеллектуальной деятельности).

Программа для ЭВМ «Программное обеспечение сервера управления базой данных». Филиппов А.Н., Симонов П.И., Воронков Н.В. (уведомление в ФГБУ «НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского» от 10.11.2023 № 0062/8173 о создании результата интеллектуальной деятельности).

Программа для ЭВМ «Программное обеспечение управляющего модуля web-интерфейса». Филиппов А.Н., Симонов П.И., Клесова Ю.В., Воронков Н.В. (уведомление в ФГБУ «НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского» от 10.11.2023 № 0062/8172 о создании результата интеллектуальной деятельности).

Сельвесюк Н.И., Филиппов А.Н. Полунатурные исследования как средство разработки технологий интеллектуализации комплексов бортового оборудования воздушных судов // XVI Всероссийская мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2023): материалы мультиконференции (г. Волгоград, 11-15 сентября 2023 г.). В 4 т. – Волгоград: ВолгГТУ, 2023. – Т. 3. – С. 18-20.

Костюк А.А. Имитация авиационных ВЧ-сигналов для задач испытаний бортовых радиосистем // XVI Всероссийская мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2023): материалы мультиконференции (г. Волгоград, 11-15 сентября 2023 г.). В 4 т. – Волгоград: ВолгГТУ, 2023. – Т. 3. – С. 47-50.

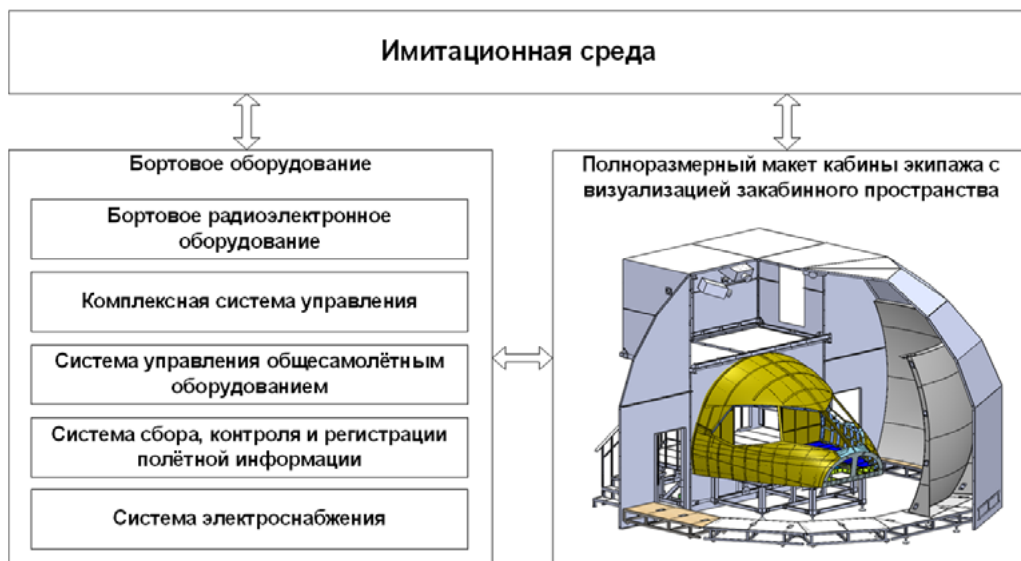


Рис. 79. Комплекс «ЭП-NEW» для интеграции комплекса бортового оборудования самолета SSJ- NEW и проведения сертификационных испытаний

2. Демонстратор интеллектуальной электрической системы торможения колес

Применение электрических актуаторов в системе торможения шасси воздушного судна в качестве силовых элементов связано с тенденциями, обусловленными повышением электрификации бортовых систем, направленной на улучшение их контролепригодности и эксплуатационной технологичности, снижение массы бортовой системы и предотвращение загрязнения окружающей среды.

Новизна: Разработана первая в России технология создания интеллектуальной электрической системы торможения колес для летательных аппаратов малой и средней размерности, а также перспективного сверхзвукового самолета.

Для отработки технологии разработан виртуальный экспериментальный стенд системы торможения, позволяющий выполнять испытания в виртуальной среде, в том числе обеспечивающий исследования процессов интеграции в составе бортового комплекса воздушного судна (Рис. 80).

Значимость: Применение интеллектуальной электрической системы расширяет спектр параметров состояния системы торможения колес по сравнению с гидравлической. В интеллектуальных модулях управления реализуются алгоритмы управления, позволяющие повысить эффективность процесса торможения, контроля состояния и энергоэффективности системы в целом.

Прогноз применения: Применение системы торможения колес воздушных судов с использованием электромеханических приводов, в качестве альтернативы гидравлическим приводам, позволит обеспечить интеграцию системы торможения в единую электроэнергетическую систему самолета и снизить массу таких систем для всех классов воздушных судов.

Авторы: Куковинец А.В., Чекин А.Ю., Лихачев И.В., Будников С.Л., Гореликов К.А., Королев И.А., Румянцев П.А., Акопов А.В., Губернаторов К.Н., Морошкин Я.В., Бобров М.Н.

Публикации:

Программа для ЭВМ «Программа обработки технологии электрической системы торможения шасси воздушного судна». Куковинец А.В., Чекин А.Ю., Лихачев И.В. (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ от 21.10.2021 № 2021666887).

Изобретение «Устройство равномерного распределения тормозного усилия электромеханического привода фрикционного тормоза колеса». Куковинец А.В., Чекин А.Ю., Лихачев И.В., Будников С.Л., Гореликов К.А., Морошкин Я.В., Третьяк А.И., Богомолов А.В. (патент на изобретение от 02.07.2021 № 2760800).

Асанов А.З., Куковинец А.В., Чекин А.Ю. Аналитическое конструирование системы управления электрической системой торможения колеса шасси воздушного судна / Управление в аэрокосмических системах им. академика Е.А. Микрина (УАКС-2022): Материалы 15-й мультиконференции конференции по проблемам управления, Санкт-Петербург, 04-06 октября 2022 года. – Санкт-Петербург: «Концерн «Центральный научно-исследовательский институт «Электроприбор», 2022. – С. 63-65.

Асанов А.З., Куковинец А.В., Чекин А.Ю. Аналитический синтез алгоритма управления электрической системой торможения колеса шасси воздушного судна / Известия ЮФУ. Технические науки. – 2021. – № 7 (224). – С. 51-63. – DOI 10.18522/2311-3103-2021-7-51-63.

Куковинец А.В., Чекин А.Ю. Аналитический синтез алгоритма управления электрической системой торможения колес воздушного судна / XIV Всероссийская мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2021): материалы в 4 т., Дивноморское, Геленджик, 27 сентября – 02 октября 2021 года. Том 3. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2021. – С. 119-121.

Куковинец А.В., Чекин А.Ю., Ковальджи К.В. Имитационное моделирование электрической системы торможения колес воздушного судна для задач контактного взаимодействия / Десятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2021): Труды конференции (электронное издание), Санкт-Петербург, 20-22 октября 2021 года / Редакторы Плотников А.М., Долматов М.А., Смирнова Е.П. – Санкт-Петербург: АО «Центр технологии судостроения и судоремонта», 2021. – С. 265-271.

Куковинец А.В., Чекин А.Ю., Румянцев П.А. Моделирование демонстратора электрической системы торможения колес воздушного судна / Перспективные направления развития бортового оборудования гражданских воздушных судов: Материалы докладов 6-й Международной научно-практической конференции, Москва, 22 июля 2021 года. – Москва: Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем, 2021. – С. 40-44.

Румянцев П.А., Куковинец А.В., Лихачев И.В. Электрическая система торможения основной стойки шасси магистрального воздушного судна / Перспективные направления развития бортового оборудования гражданских воздушных

судов: Материалы докладов 6-й Международной научно-практической конференции, Москва, 22 июля 2021 года. – Москва: Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем. 2021. – С. 94-100

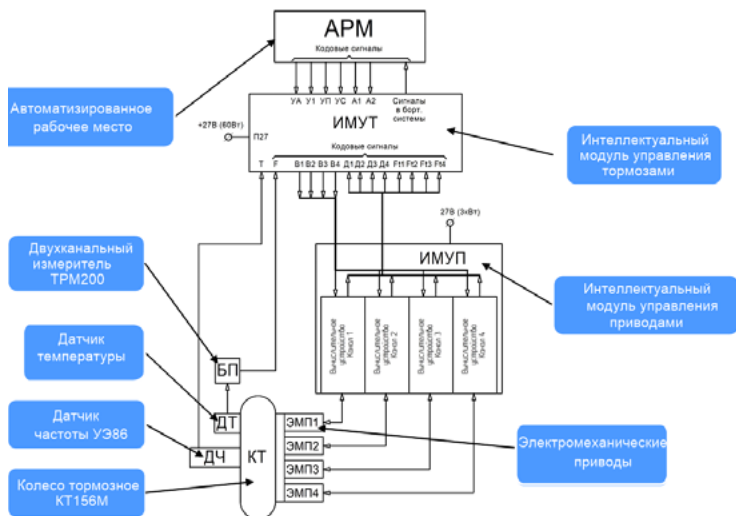


Рис. 80. Демонстратор интеллектуальной электрической системы торможения колес

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР - НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ"

Производство короткоживущих альфа-излучающих радионуклидов медицинского назначения

Короткоживущие альфа-излучающие радионуклиды Ra-223, Ra-224, Th-227, Ac-225 представляют значительный интерес для современной ядерной медицины. При этом радиофармацевтические лекарственные препараты (РФЛП) на основе Ra-223 и Ac-225 уже нашли широкое применение для радионуклидной терапии ряда онкологических заболеваний. К настоящему времени мировой спрос на сырьевые препараты Ra-223 и Ac-225, необходимые для производства РФЛП на их основе, уже существенно превышает текущие производственные возможности. Причиной сырьевого дефицита является ограниченность мирового запаса исходного материала для получения данных радионуклидов – материнских изотопов Ac-227 (для выделения Ra-223 и Th-227) и Th-229 (для выделения Ac-225).

В АО «ГНЦ НИИАР» накоплен значительный практический опыт в области изготовления реакторных мишеней с Ra-226, их реакторному облучению, радиохимической переработки с получением конечных радионуклидных препаратов Ra-223, Ra-224, Th-227, Ac-225, а также разработаны и апробированы методы аналитического контроля промежуточных продуктов радиохимической переработки

и конечной продукции. Исходный стартовый материал для облучения был получен в результате многолетней работы по сбору у сторонних организаций отработанных закрытых источников гамма-излучения на основе Ra-226 и их радиохимической переработке с получением Ra-226 в химически чистом виде.

Радиофармпрепарат на основе Ra-223, созданный в кооперации специалистами АО «ГНЦ НИИАР» и Федерального научно-клинического центра медицинской радиологии и онкологии ФМБА России (ФНКЦРиО), во время клинических исследований продемонстрировал безопасность и эффективность при лечении рака предстательной железы и полностью импортозаместил зарубежный аналог «Xofigo» производства Bayer.

В 2023 году на площадке АО «ГНЦ НИИАР» был введен в эксплуатацию новый участок по производству Ac-225. 15 декабря специалистами института произведена и отправлена заказчику первая опытная партия продукции.

Ac-225 – альфа-эмиттер, который вызывает разрыв ДНК раковых клеток, практически не затрагивая здоровые ткани. Препарат с таким мощным направленным воздействием – *революция в медицине*.

Открытие нового производства предшествовала победа АО «ГНЦ НИИАР» в конкурсном отборе Министерства промышленности и торговли Российской Федерации на получение субсидии для проведения в 2023 году НИОКР по созданию новой конкурентоспособной продукции. Поддержка Федерального министерства позволила компенсировать 70% затрат на создание производственного участка.

В ближайшее время будет подана заявка на получение патента на технологию изготовления радиоактивного препарата на основе Ac-225.

Оценочный объем экспортной выручки от продажи Ac-225 и Ra-223 за ближайшие 5 лет превысит 1 млрд руб.

Авторы: А.И. Звир, О.И. Андреев, К.О. Деркаченко, В.А. Голованов, С.В. Богатов, И.Л. Буткалюк, П.С. Буткалюк.

Публикация:

Научные исследования и технологические разработки для обеспечения развития ядерных технологий нового поколения. Тезисы докладов XI Всероссийской молодежной конференции. Дмитровград, 2023. Р. 96.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «АРКТИЧЕСКИЙ И АНТАРКТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ»

Климатическая изменчивость на Восточно-антарктическом плато за последние 2000 лет.

В результате большого объема лабораторных измерений в ФГБУ «АНИИ» и Лимнологическом институте СО РАН создан уникальный банк данных об изотопном и химическом составе атмосферных осадков, поверхностного снега и снежно-фирновой толщи на глубину до 70 м в районе станции Восток, Купола Б и на профилях Прогресс – Восток и Восток – Купол Б. Полученный в ходе вы-

полнения проекта обширный массив гляциологических и геохимических данных позволил охарактеризовать основные процессы, формирующие изотопный состав снежно-фирновой толщи, и разработать методику реконструкции прошлых изменений приземной температуры воздуха по изотопным данным из снежных шурфов и фирновых кернов. Огромный массив информации об изотопном составе снежно-фирновой толщи в районе станции Восток, охватывающий период с 192 года до н.э. по 2018 год н.э., позволил реконструировать климатическую изменчивость центральной Антарктиды за последние 2200 лет. Показано, что ход температуры в целом совпадает с глобальной климатической кривой. В отличие от глобальной температуры, температура воздуха в центральной Антарктиде в начале 21 века пока не превысила максимальные значения, наблюдавшиеся в «Римский период».

Несколько иной результат был получен для скорости снегонакопления: в целом этот параметр коррелирует с температурой воздуха, но при этом современная средняя за последние 50 лет скорость аккумуляции на ст. Восток является беспрецедентной за последние 2200 лет (Рис. 81). Более того, чувствительность скорости снегонакопления к температуре воздуха оказалась заметно выше, чем предсказывается большинством климатических моделей. Этот результат может потребовать корректировки прогноза повышения уровня моря в 21 веке, поскольку рост снегонакопления в центральной Антарктиде будет частично компенсировать потерю массы на краях ледника. Реконструирована температура в источнике влаги за последние 2200 лет, которая показала ту же характерную форму «хоккейной клюшки», что и глобальная температурная кривая: плавное снижение от 1 до 1800 г. н.э. и резкий рост за последние 200 лет. По данным о химическом составе фирновых кернов сделано предположение о том, что площадь морского льда вокруг Антарктиды существенно не менялась в доиндустриальную эпоху.

Научный руководитель: Екайкин А.А.

Публикации:

Veres A.N., Ekaykin A.A., Golobokova L.P., Khodzher T.V., Khuriganowa O.I., Turkeev A.V. A record of volcanic eruptions over the past 2,200 years from Vostok firn cores, central East Antarctica *Frontiers in Earth Science* 11:1075739, <https://doi.org/10.3389/feart.2023.1075739> (2023 г.)

Ekaykin A.A., Lipenkov V.Y., Tebenkova N.A. Fifty years of instrumental surface mass balance observations at Vostok Station, central Antarctica *Journal of Glaciology*, <https://doi.org/10.1017/jog.2023.53> (2023 г.)

Екайкин А.А., Чихачев К.Б., Верес А.Н., Липенков В.Я., Тебенкова Н.А., Туркеев А.В. Профиль плотности снежно-фирновой толщи в районе станции Восток, Центральная Антарктида *Лед и снег* вып. 4, с.504-511, <https://doi.org/10.31857/S2076673422040147> (2022 г.)

Екайкин А.А. Усовершенствованная модель формирования изотопного состава осадков в Центральной Антарктиде, включающая геохимический цикл кислорода 17 *Лед и Снег*, вып. 1, в печати (2024 г.)

Екайкин А.А., Верес А.Н. Изменение температуры в Центральной Антарктиде после крупных вулканических извержений во втором тысячелетии нашей эры *Проблемы Арктики и Антарктики* 69(3):374–385, <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2023-69-3-374-385> (2023 г.)

Тебенькова Н.А., Екайкин А.А., Лэппле Т., Нотц Д., Козачек А.В., Верес А.Н. Связь изотопного состава разных типов осадков в Центральной Антарктиде с температурой воздуха Проблемы Арктики и Антарктики т.67, № 4, с.368-381, <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2021-67-4-368-381> (2021 г.)

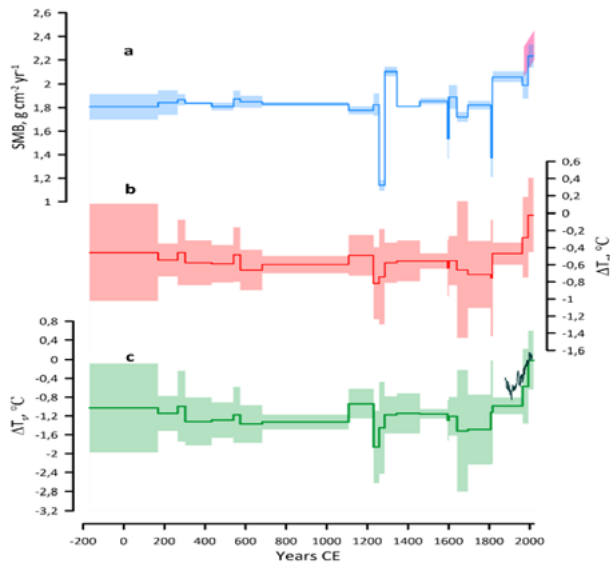


Рис. 81. Реконструкция скорости снегонакопления в районе станции Восток за последние 2200 лет. По данным Ekaikin and Veres, in review.

На Рис. 81b и Рис. 81c представлены реконструкции местной температуры воздуха и температуры в источнике влаги для тех же интервалов времени, для которых рассчитаны средние значения аккумуляции на Рис. 81a.

На Рис. 81a также показан тренд скорости снегонакопления по данным снегомерного полигона (Ekaikin et al., 2023), а на Рис. 81c – аномалия средней температуры поверхности океана в Южном полушарии с 1850 г.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ "ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ
ИНСТИТУТ РОБОТОТЕХНИКИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ
КИБЕРНЕТИКИ" (ЦНИИ РТК)**

1. Результаты научных исследований в области развития теории синтеза оптимального управления роботом подводного базирования в условиях непрогнозируемых нестационарных течений и потоков

Проект направлен на создание научно обоснованных методов синтеза оптимальных алгоритмов управления движением и поведением подводных роботов в условиях непрогнозируемых течений. Методы синтеза опираются на использова-

ние математических моделей и обрабатываются на действующих макетах и компьютерных моделях.

Новизна: Предложена и отработана концепция «вложенных моделей», основанная на последовательном использовании и тесной интеграции гидродинамических и кибернетических моделей, на основе которой разработаны методы синтеза алгоритмов управления, в совокупности представляющие собой научно обоснованную технологию синтеза и отработки систем управления подводными роботами.

Значимость: Разработанные методы синтеза и отработки систем управления позволяют получить наилучшее качество управления для заданных конструктива и составов движительно-рулевого и информационно-измерительного комплексов подводного робота, а также существенно сократить натурные отладочные испытания, а следовательно, время и стоимость разработки подводного робота.

Прогноз применения: Разработанные методы синтеза алгоритмов и математических и компьютерных моделей целесообразно использовать:

- в научно-исследовательских и проектных организациях при проектировании автономных подводных аппаратов;
- в отечественных пакетах прикладных программ, например, в пакете «Логос»;
- для выпуска документов, регламентирующих порядок разработки и отработки автономных подводных аппаратов.

Публикации:

Н.А. Щур, А.А. Пожилов «Развитие методики совместного моделирования динамики аппарата и гидродинамики жидкости на деформируемых сетках для случая движения аппарата в следе за препятствием», труды 34-й Международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника», с.124-130.

С.А. Солнышкин «Исследование алгоритмов распределения управляющих воздействий для управления движением гиперизбыточных необитаемых подводных аппаратов с использованием переменного количества движителей», труды 34-й Международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника», с.105-111.

2. Результаты научных исследований в области создания перспективных мехатронных узлов с переменной упругостью (Рис. 82)

Идея применения шарниров с переменной упругостью (ШПУ) во многом основывается на природных чертах и способностях человека выполнять контактные взаимодействия. В случае детерминированных операций, таких как ловля мяча, человек предугадывает величину энергии столкновения и, исходя из этого значения, адаптирует жёсткость суставов, чтобы рассеять энергию столкновения и избежать как достижения крайних положений в суставах, так и повреждения мышц. При недетерминированных ситуациях, таких как падение при катании на лыжах, человек использует стратегию максимальных совместных сокращений, рассеивая как можно больше энергии посредством мышц и предотвращая достижение крайних положений суставов. Это связано с тем, что последствия повреждения мышц опасны, но достижение крайних положений суставов гораздо более опасно, так

как восстановление после таких травм идет гораздо сложнее. ШПУ, по аналогии, активно рассеивают энергию столкновения, увеличивая длительность процесса в сравнении с жёсткими шарнирами, т.к. могут управляемо изменять свой импеданс непосредственно на физическом уровне. Принцип изменения механического импеданса приводных систем заимствуется напрямую из природных опорно-двигательных систем. Переменная упругость реализуется посредством установки ещё одного привода той или иной природы, чтобы обеспечить механизм регулировки жёсткости (отдельным модулем или косвенно).

Новизна: Среди основных этапов развития мехатронных систем в настоящее время можно отметить распространение контактных и силомоментных датчиков, способов силомоментного управления и целенаправленное внесение упругих элементов в конструкцию. Применение этих мер в совокупности обеспечивает силомоментное очувствление, однако управляемое физическое изменение жёсткости в ШПУ обеспечивает большую универсальность их применения, особенно при выполнении контактных операций.

Значимость: На сегодняшний день работоспособные ШПУ в России отсутствуют. В мире ведутся интенсивные исследования по разработке различных типов ШПУ и манипуляторов на их основе. До настоящего времени все созданные изделия по большей части носят экспериментальный и исследовательский характер, хотя в ближайшее время уже можно ожидать появления и внедрения опытных образцов таких коллаборативных робототехнических систем для решения конкретных практических задач.

Прогноз применения: Результаты могут быть использованы для создания мехатронных и робототехнических систем, обеспечивающих повышенную универсальность применения, сочетающих возможность выполнения операций с высокой точностью и безопасностью применения. Экономическая значимость определяется следующими факторами: снижение потенциального ущерба от последствий нанесения травм персоналу, проводящему работы с робототехническими манипуляторами, ущерб от выхода из строя узлов робототехнических манипуляторов при непредвиденных столкновениях с внешними объектами, а также повышение технических характеристик робототехнических систем, в том числе, точности выполнения операций и энергоэффективности.



Рис. 82. Иллюстрации мехатронных узлов с переменной упругостью

Публикации:

Васильев А.В., Шардыко И.В., Копылов В.М. Модульный шарнир с переменной жесткостью для манипуляторов робототехнических систем. Известия ЮФУ. Технические науки. - 2023. - №1(231). - С.198-215.

Шардыко И.В., Копылов В.М., Волняков К.А. Разработка конструкции, моделирование и управление шарниром с переменной упругостью на основе магнитной пружины кручения. Компьютерные исследования и моделирование. - 2023. - Т.15, № 5. - С. 1323–1347.

3. Результаты научных исследований в области нейроморфных систем на нейро-нечетких и сегментных моделях нейронов

Проект направлен на развитие исследований в области нейроморфных систем, построенных на искусственных нейронных сетях, основанных на биоподобных моделях нейронов. Нейроморфные системы устроены в определенной степени подобно мозгу, поэтому они могут более эффективно решать трудноформализуемые задачи обработки многомерной вариативной информации, изменяющейся во времени.

Новизна: Разработана сегментная спайковая модель нейрона (ССМН); разработан алгоритм структурного обучения такой модели; предложена общая схема классификатора сетью на ССМН; предложены стратегии инкрементного обучения ССМН; выработаны подходы к реализации поведенческих функций для робототехнических агентов, построенных на нейроморфных принципах управления.

Значимость: Слабоформализуемые задачи плохо решаются существующими методами (управление неустойчивыми системами, управление поведением мобильных роботов в изменчивой среде). Применение для решения таких задач современных искусственных нейронных сетей (ИНС) сопряжено с рядом проблем: большинство современных ИНС используется для решения частной задачи; в случае смены задачи необходимо строить новую сеть, формировать новые выборки и проводить обучение сети; отсутствие структурных адаптивных возможностей; выделенный этап обучения. Для решения указанных проблем перспективно применение нейроморфного подхода.

Прогноз применения: Энергоэффективное решение задач ИИ (речевые модели, распознавание образов и т.п.) с использованием спайковых моделей нейронов; диагностика состояния сложных технических систем и предупреждения возникновения критических состояний в таких системах; решение задачи классификации на малых и сверхмалых обучающих выборках с возможностью дообучения; системы управления, построенные на нейроморфных принципах.

Разработанные варианты аппаратно-программных реализаций сегментной спайковой модели нейрона и классификатора на ПЛИС, а также на базе GPU могут применяться при создании перспективных систем управления робототехническими средствами, систем технического зрения, включая задачи обнаружения и классификации объектов, систем принятия решений, нейроинтерфейсов и др.

Публикации:

The Strategy of Incremental Learning on a Compartmental Spiking Neuron Model (ВАК, Scopus): <https://link.springer.com/article/10.3103/S1060992X23060073> А. М. Korsakov, Т. Т. Isakov & А. V. Bakhshiev

Предупреждение возникновения критических ситуаций в сложных технических системах с использованием нейроморфного подхода (ВАК) / Демчева А.А.,

Корсаков А.М., Фомин И.С., Бахшиев А.В., Смирнова Е.Ю. // Робототехника и техническая кибернетика. – Т. 11. - № 4. – Санкт-Петербург: ЦНИИ РТК. – 2023. – С. 281-291.

Реализация инкрементного обучения на сегментной спайковой модели нейрона (РИНЦ): Опубликовано в сборнике «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях - 2023. Труды VII Всероссийской конференции». <https://nd-cogsci.ipfran.ru/2023/img/ND-2023.pdf> Корсаков А.М., Исаков Т.Т., Бахшиев А.В

Решение задачи классификации с использованием сегментной спайковой модели нейрона на ПЛИС (РИНЦ): <https://elibrary.ru/item.asp?id=54814331> Исаков Т.Т., Бахшиев А.В., Корсаков А.М.

Метод уменьшения размерности пространства признаков при решении задач классификации (РИНЦ): <https://elibrary.ru/item.asp?id=54903111> Иванова В.В., Беркман Д.А., Корсаков А.М.

Использование модели нейрона Ижикевича при решении задачи классификации (РИНЦ): <https://elibrary.ru/item.asp?id=54903124> Беркман Д.А., Корсаков А.М., Станкевич Л.А.

Аппаратная реализация сегментной спайковой модели нейрона CSNM на операционных усилителях ((РИНЦ): <https://elibrary.ru/item.asp?id=54814325> Бойко А.В., Бахшиев А.В., Корсаков А.М.

4. Результаты научных исследований в области поиска новых методов и алгоритмов формирования нейронных сетей с разноуровневой структурной адаптацией и самообучающихся алгоритмов анализа видеопотока на основе комплексирования пространственно-временной фильтрации и нейронных сетей

Проект направлен на развитие исследований в области самообучающихся систем видеоаналитики, основанных на комплексировании нейронных сетей и технологии пространственно-временной фильтрации. Данный подход позволит повысить надежность распознавания систем видеоаналитики, а также адаптируемость к изменяющимся условиям съемки, как например, изменение погоды, освещенности и т.д.

Новизна: Разработана архитектура самообучающихся систем видеоаналитики на основе глубоких нейронных сетей. Разработан подход к формированию архитектуры нейронных сетей для прикладных задач. Разработаны и исследованы алгоритмы самообучения нейронных сетей. Сформированы наборы данных для обучения нейронных сетей решению актуальных задач. Разработаны три варианта нейросетевых систем видеоаналитики для пространственно-временной фильтрации видеопотока.

Значимость: Современные системы видеоаналитики имеют низкую устойчивость к изменению условий съемки, даже с использованием нейронных сетей. Это приводит к дорогостоящей поддержке систем интеллектуального видеонаблюдения. Чтобы это исправить, предлагается использовать технологию пространственно-временной фильтрации для дообучения нейронной сети. Самообучающаяся система видеоаналитики обладает высокой надежностью в изменяющихся условиях съемки.

Прогноз применения: Результаты могут быть использованы для решения прикладных задач видеоаналитики, как например: анализ ситуаций, обнаружение нехарактерного поведения групп людей, выделение и сопровождение объектов, а также в проектах по созданию автономных мобильных роботов и беспилотных транспортных средств.

Публикации:

Multi-Objective Fine-Grained Neural Architecture Search (Scopus): <https://ieeexplore.ieee.org/document/10272824> Архипов А.Е., Фомин И.С.

Предобработка изображений вытянутых объектов для повышения качества работы нейросетевого классификатора с квадратным входом (РИНЦ): <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54903096> Архипов А.Е., Фомин И.С.

Investigation of a spike segment neuron in the offline multi-object tracking task with embeddings constructed by a convolutional network (Scopus): https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-44865-2_37 Ivan Fomin, Anton Korsakov, Viktoria Ivanova, Aleksandr Bakhshiev

Comparison of key frames of video sequences using the Izhikevich spiking neuron (Scopus): <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10291090> Фомин И.С., Корсаков А.М., Архипов А.Е.

Исследование катастрофического забывания нейронных сетей в задаче непрерывного обучения (РИНЦ): <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54903087&pff=1> Матвеев В.Д., Фомин И.С.

Распознавание людей с помощью сегментного спайкового нейрона по признакам извлеченным сиамской сверточной нейронной сетью (РИНЦ): Опубликовано в сборнике «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях - 2023. Труды VII Всероссийской конференции». <https://nd-cogsci.ipfran.ru/2023/img/ND-2023.pdf> И.С. Фомин, А.М. Корсаков, А.Е. Архипов.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
"НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС
"ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР"**

1. Исследование перемагничивания спин-туннельных магниторезистивных наноструктур с синтетическим антиферромагнетиком

Синтетические антиферромагнитные (САФ) наноструктуры обладают рядом уникальных свойств и используются как в элементах энергонезависимой памяти, так и в высокочувствительных преобразователях магнитного поля. Использование САФ позволяет повысить эффективное поле обменного смещения, снизить магнитостатическое поле опорного слоя, повысить термостабильность структур, увеличить магниторезистивный эффект.

Исследованы характеристики синтетических антиферромагнитных (САФ) наноструктур CoFeB / Ru / CoFe с толщиной слоя Ru, соответствующей второму антиферромагнитному максимуму. Анализ влияния обменного взаимодействия,

создаваемого антиферромагнитной пленкой IrMn, на САФ структуру осуществлялось с помощью структуры Ta / CoFeB / Ru / CoFe / IrMn / Ta. При воздействии внешнего магнитного поля, направление которого совпадает с направлением фиксации, разрушается только взаимодействие Рудермана – Киттеля – Касуя – Йоиды (РККИ-взаимодействие), при противоположном направлении магнитного поля происходит преодоление обменного смещения и РККИ-взаимодействия слоев, благодаря чему петля перемагничивания имеет асимметричный вид. Согласно теоретическим данным кривая перемагничивания полной спин-туннельной магниторезистивной (СТМР) наноструктуры с САФ должна иметь три петли перемагничивания, что подтверждается экспериментальными данными, полученными при измерении многослойной наноструктуры Ta / CoFe / CoFeB / MgO / CoFeB / Ru / CoFe / IrMn / Ta.

На основе данных СТМР наноструктур с САФ изготовлены магнитные туннельные переходы, обладающие магниторезистивным эффектом 157%, достигнутым в результате термомагнитной обработки. САФ обеспечивает не только значительное снижение суммарного магнитного момента структуры с фиксированным ферромагнитным слоем и термостабильность СТМР наноструктуры. Слой Ru способствует кристаллизации аморфного CoFeB в структуру, имеющую объемноцентрированную кубическую решетку с ориентацией (001), что минимизирует несовпадение кристаллических решеток CoFeB и MgO и вносит вклад в увеличение МР эффекта за счет когерентного туннелирования электронов. Более того, Ru служит диффузионным барьером, препятствующим проникновению Mn из антиферромагнитного слоя в туннельный барьер.

Авторы: Амеличев В.В., Костюк Д.В., Васильев Д.В.

Публикация:

Васильев Д.В. и др. Исследование синтетических антиферромагнитных наноструктур на основе CoFeB / Ru / CoFe // Нано- и микросистемная техника, 2023.

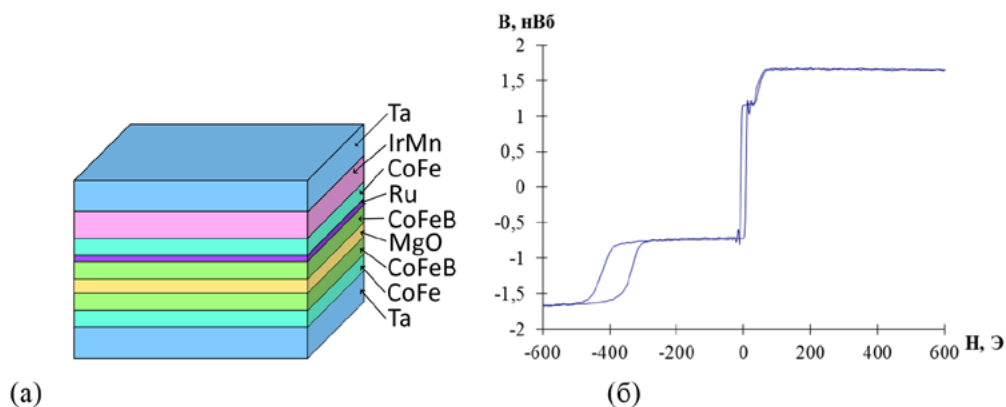


Рис. 83. Эскиз СТМР наноструктуры с САФ (а) и ее петля перемагничивания (б)

2. 3D SERS структуры для высокочувствительного детектирования органических веществ

Предложена технология изготовления устройств на основе наночастиц плазмонных металлов, декорированных массив из углеродных нанотрубок. Массив Ag наночастиц формируется методом термически-вакуумного осаждения на массив углеродных нанотрубок, синтезированных методом плазмостимулированного парофазного осаждения, и покрытых слоями Al (зеркальный слой), полученного методом магнетронного напыления, и HfO₂ (диэлектрический слой), сформированного атомно-слоевым осаждением.

Такая структура усиливает рамановский сигнал за счет локализованного поверхностного плазмонного резонанса, так и за счет интерференции. С использованием изготовленных ГКР-структур проведены измерения на примере раствора триметиламин оксида (ТМАО) – маркера сердечно-сосудистых заболеваний – малой концентрации на длинах волн возбуждающего излучения 532 нм и 785 нм для установления связей С-Н, С-N и С-N-O в ТМАО. Изготовленные структуры позволили детектировать концентрация вещества до $1 \cdot 10^{-6}$ М.

Для красителей Родамина В и 6G, часто используемых в промышленности и являющимися как индикаторами утечек на производстве, так и напрямую токсичным для окружающей среды веществом, подобные структуры позволили детектировать концентрации до 200 нМ.

Авторы: Шаманаев А.А., Шаман Ю.П.

Публикация:

Кицюк Е.П., Савицкий А.И., Бондаренко А.В., Дубков С.В., Громов Д.Г. Спецвыпуск «Фотон-экспресс-наука 2023», №6 2023, стр. 120-121.

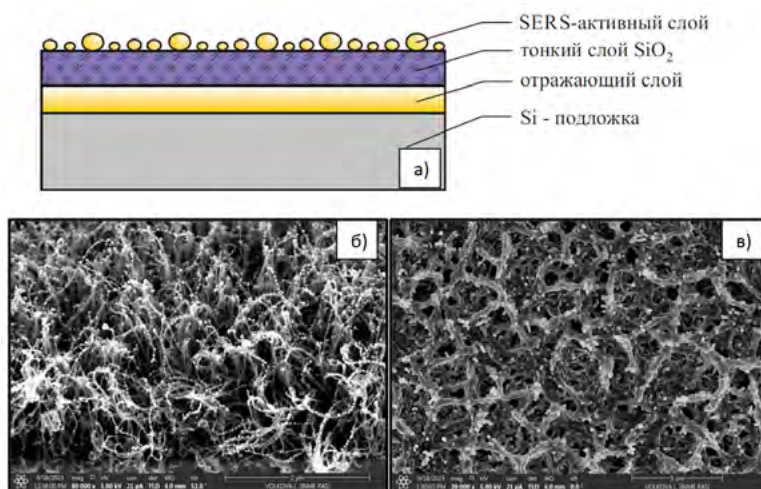


Рис. 84. а) эскиз структуры SERS-подложки. б) РЭМ-изображения массивов МУНТ, покрытых наночастицами Ag в) РЭМ-изображения SERS-структур на основе массивов МУНТ со слоями Al (200 нм) и HfO_x (5 нм)

3. Мультиэлектродные системы с массивом наночастиц Ме-оксид гафния (Me=Ag, Au, Sn) для резервуарных вычислений

Предложена технология изготовления устройств для резервуарных вычислений на основе мультиэлектродных систем с мемристивными массивами металлических наночастиц серебра, золота, олова с диэлектрическими покрытиями на основе оксида гафния. Массив наночастиц формируется на мультиэлектродных ячейках методом термически-вакуумного осаждения с последующим отжигом и атомно-слоевым осаждением слоя оксида гафния.

Для описания роста и растворения филаментов в контактах между наночастицами разработана фазо-полевая модель на основе уравнения Кана-Хилларда и Гинзбурга-Ландау. Основные положения модели согласованы с экспериментальными данными. Для описания электронного транспорта в массивах наночастиц адаптирована модель прыжкового транспорта, основные параметры которой определены с помощью превопринципных расчётов на основе теории функционала плотности. В рамках модели протестированы задачи машинного обучения для прогноза слабостохастических нелинейных временных рядов с помощью резервуарных вычислений.

Полученные экспериментальные результаты подтверждают перспективность рассматриваемых перколяционных систем как «нейроморфных» благодаря их способности имитировать порого-зависимую спайкоподобную динамику нейронов. Количество потенциальных межсоединений («искусственных синапсов») в мемристивных сетках наночастиц превышает 10^{14} на квадратный сантиметр. Предложенная технология открывает перспективы для создания высокопроизводительных и энергоэффективных устройств на основе мемристивных систем для резервуарных вычислений.

Авторы: Сибатов Р.Т., Савицкий А.И.

Публикации:

Sibatov, R. T., Savitskiy, A.I. et al. (2023). *Nanomaterials*, 13(14).

Р.Т. Сибатов, Российский форум «Микроэлектроника», 2023.

Y. O. Vasilevskaya, A. I. Savitskiy and R. T. Sibатов. (2023) *Memoirs of the Faculty of Physics* 44, 2023.

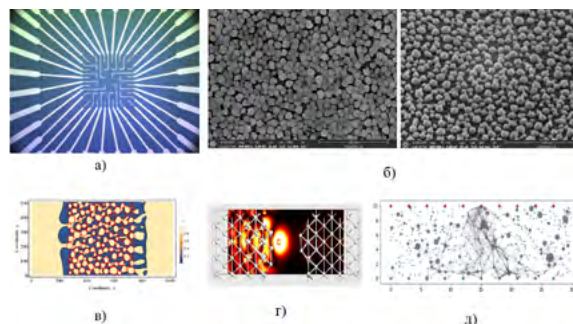


Рис. 85. а) Фотография одной из конфигураций мультиэлектродной системы. б) РЭМ-снимки массива наночастиц серебра с оболочкой из оксида гафния. в) Пример концентрационного профиля активного вещества в фазо-полевой модели. г) Результат расчёта кондуктанса зазора между наночастицами. д) Траектории прыжкового транспорта в массиве локализованных состояний с учётом гальванопластичности и динамической перколяции.

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "ЦЕНТР ТЕХНОЛОГИИ СУДОСТРОЕНИЯ И СУДОРЕМОНТА"

1. Научные основы технологии низкочастотной вибрационной обработки подъёмно-мачтовых устройств подводных лодок

Низкочастотная вибрационная обработка (НВО) является альтернативой энергоёмкой термообработки, позволяя снижать остаточные напряжения в металлических конструкциях, а также стабилизировать их форму и размеры. НВО не только менее энергоёмка и трудоёмка по сравнению с термообработкой, но и может быть применена к конструкциям, применение термообработки к которым недопустимо. Одним из актуальных применений этой технологии является НВО подъёмно-мачтовых устройств (ПМУ) подводных лодок (ПЛ). Они имеют сложную конструкцию и состоят из различных сплавов, включая нержавеющую сталь, которая характеризуется склонностью к повышенным сварочным напряжениям и деформациям. Эти конструкции испытывают повышенные эксплуатационные нагрузки и для обеспечения их прочности и долговечности необходимо минимизировать напряжения и деформации. При этом термообработка не может быть применена для ПМУ из-за использования в их конструкции деталей из разных сплавов.

Новизна: Традиционно схемы и режимы НВО определялись опытным путем по месту. При этом производились перестановки виброопор и сканирование частот во всем диапазоне оборудования для НВО. Однако такой подход не гарантировал оптимальный результат. С учетом высокой ответственности конструкций ПМУ при выполнении этой работы АО «ЦТСС» применило научный подход к выбору схем и режимов обработки. Для этого был проведен модальный анализ конструкций до их обработки с использованием численного моделирования, по результатам которого определены частоты и формы колебаний конструкций в рабочем диапазоне оборудования для НВО (Рис. 86).

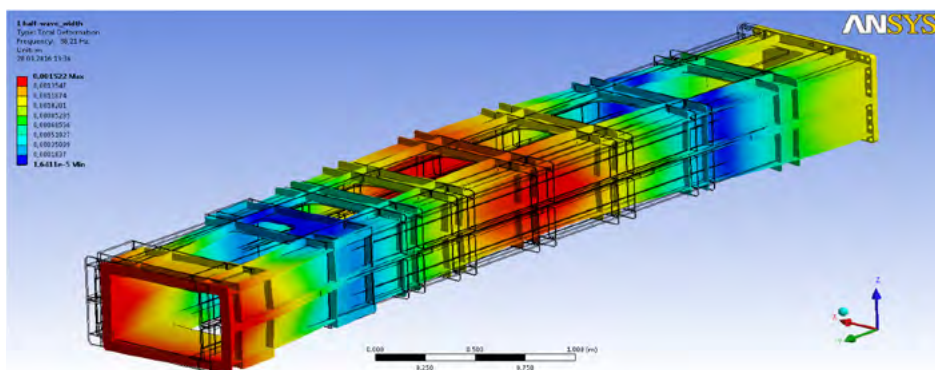


Рис. 86. Форма собственных колебаний на частоте 98 Гц

Из полученных частот были выбраны оптимальные, исходя из формы колебаний, и под каждую частоту выбрана схема обработки, учитывающая амплитуды колебаний различных элементов конструкции. Это позволило добиться миними-

зации остаточных сварочных напряжений. а для уменьшения деформаций конструкции был разработан специальный способ вибрационной правки.

Значимость: Разработка оптимальных схем и режимов НВО, а также разработка способа вибрационной правки позволили снизить не только остаточные напряжения, но и деформации ПМУ, обеспечив высокое качество их изготовления, а также прочность и надежность.

Применение: На способ вибрационной правки АО «ЦТСС» получен патент № 2612463. Результаты работы внедрены на АО «Адмиралтейские верфи» и на данный момент силами специалистов АО «ЦТСС» выполнена НВО ПМУ для более чем тридцати ПЛ, включая ПЛ IV поколения.

Авторы: Зеленин М.Н., Животовский Р.П., Метелкин П.Д.

2. Создание нормативной правовой базы ценообразования и определения трудоемкости проектирования, строительства ремонта и утилизации судов

В апреле 2023 года вступил в силу подготовленный Минпромторгом России с участием АО «ЦТСС» Федеральный закон от 07.10.2022 № 390-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О промышленной политике в Российской Федерации», который установил правовые основы формирования и реализации промышленной политики в области определения ориентировочной стоимости строительства судна, в области экспертизы обоснований ориентировочной стоимости строительства и цен судов, а также в области определения трудоемкости в судостроении. Этим же законом Правительству Российской Федерации и Минпромторгу России предоставлены широкие полномочия в данных областях.

В целях реализации указанного закона в рамках выполнения НИР «Разработка отраслевой системы нормативных документов информационно-аналитических материалов в обеспечение определения ориентировочной стоимости и трудоемкости строительства судов, цен их проектирования, строительства, ремонта и утилизации в условиях изменения законодательства Российской Федерации в 2021-2024 годах», шифр «Аппарель-2», по заданию Минпромторга России АО «ЦТСС» подготовил обоснования и предложения по проектам комплекса нормативных правовых актов (три постановления Правительства Российской Федерации – от 01.03.2023 № 330, от 01.03.2023 № 331, от 04.04.2023 № 542 и пять приказов Минпромторга России – от 28.02.2023 № 639, от 14.03.2023 № 822, от 23.03.2023 № 958, от 28.03.2023 № 1041, от 28.03.2023 № 1042), которые вступили в силу в апреле 2023 года. Эти документы устанавливают, в том числе:

1. Правила проведения экспертизы обоснований ориентировочной стоимости строительства судна и цен проектирования, строительства, ремонта, утилизации судна, правила оплаты экспертиз и правила отбора организаций для проведения экспертиз. Указанные правила вводят в правовое поле проведение экспертиз ориентировочной стоимости и цен судов, которые широко используются в судостроении при определении и изменении цен.

2. Порядок определения ориентировочной стоимости строительства судна. Ориентировочная стоимость строительства судна определяется проектантом при

разработке проекта судна и является основным ориентиром при установлении лимитов финансирования и цены строительства головного судна.

3. Порядок определения трудоемкости проектирования, строительства, ремонта, утилизации судна. Трудоемкость является ключевым ценообразующим фактором в судостроении. Указанный документ создает легитимную основу и повышает достоверность определения трудоемкости, что будет способствовать повышению эффективности производства и обоснованности установления цен в судостроении.

4. Правила разработки и утверждения нормативов трудоемкости проектирования, строительства, ремонта, утилизации судов. Эти Правила узаконили существующую практику применения нормативов трудоемкости и предоставили полномочия Минпромторгу России по утверждению таких нормативов. В соответствии с ними в 2023 году введены в действие нормативы трудоемкости строительства основных типов судов, разработанные АО «ЦТСС» в 2012-2022 годах. С использованием указанных нормативов в настоящее время уже определяется трудоемкость строительства большинства создаваемых судов.

5. Порядок определения начальной (максимальной) цены контракта и цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком, исполнителем), при закупке судов. Реализация этого документа позволит повысить эффективность использования бюджетных средств и обеспечить рентабельность контрактов на строительство судов.

В результате впервые в условиях российского законодательства создана нормативная правовая база в области определения ориентировочной стоимости и трудоемкости строительства судов, а также в области проведения экспертиз обоснований ориентировочной стоимости строительства судов и цен их проектирования, строительства, ремонта и утилизации.

Авторы: Ваучский А.Н., Гришин Ю.Н., Корниенко Е.Ю., Поляков Ю.И., Потряхаев В.В.

Публикации:

Сведения о результатах работ опубликованы в журналах «Судостроение» (№ 2, 2022, № 6, 2022, № 2, 2023, № 4, 2023) и «Корабел.ру» (№ 2, 2023).

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "НПО "ОРИОН"

1. Исследования по созданию технологий матричных фотоприемных устройств коротковолнового ИК-диапазона нового поколения на основе коллоидных квантовых точек (проект «Гранулит»)

Впервые в Российской Федерации проведен комплекс экспериментальных и теоретических исследований свойств одиночных квантовых точек, полученных методами коллоидной химии (ККТ), влияющих на оптическое поглощение жидких сред, содержащих ККТ. Установлена аналитическая связь между средним размером ККТ и коэффициентом оптического поглощения жидкой среды, содержащей ККТ, учитывающая влияние непараболичности закона дисперсии $E(k)$ вблизи $k = 0$, а также наличие нескольких долин в энергетическом спектре материала, из

которого состоят ККТ. Это позволяет более точно вычислить положение пиков экситонного поглощения, исходя из экспериментальных значений размеров ККТ, полученных электронной микроскопией высокого разрешения. Результаты получены совместно с ФТИ им. А.Ф. Иоффе и положены в основу ведущихся ГНЦ Российской Федерации АО «НПО «Орион» разработок технологии синтеза ККТ с продвинутой границей фоточувствительности вплоть до 2.0 мкм.

Разработаны основы технологии процессов фотолитографии с использованием отечественных фоторезистов и химических компонентов, позволяющие получать необходимые рисунки на наноразмерных слоях из массивов ККТ. Это обеспечивает изготовление разработанной совместно с МФТИ (национальный исследовательский университет) архитектуры матричных фоточувствительных элементов для инфракрасной фотосенсорики.

Создана принципиальная оптическая схема объектива для приборов ночного видения нового поколения из ККТ, обеспечивающая регистрацию электромагнитного излучения в расширенном коротковолновом спектральном ИК диапазоне от 0.6 до 2.0 мкм.

Исследования проведены в рамках проекта «Гранулит», проводимого в соответствии с Поручением Правительства Российской Федерации от 22 февраля 2023г. № МД-П7-2529 по заданиям Фонда перспективных исследований и госконтракту с Минпромторгом России.

2. «Разработка гетероэпитаксиальных структур твердых растворов кадмий-ртуть-теллур, чувствительных в длинноволновом ИК диапазоне спектра, для тепловизионных и тепlopеленгационных систем нового поколения», шифр «Предел - Б»

В ГНЦ Российской Федерации АО «НПО «Орион» в рамках ОКР «Разработка гетероэпитаксиальных структур твердых растворов кадмий-ртуть-теллур, чувствительных в длинноволновом ИК диапазоне спектра, для тепловизионных и тепlopеленгационных систем нового поколения» (шифр «Предел-Б») методом молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) на установке Riber Epineat MCT проводится отработка технологии эпитаксиального роста твердых растворов кадмий-цинк-теллур (КЦТ) и кадмий-ртуть-теллур (КРТ) на согласованных по параметру кристаллической решетки подложках КЦТ с кристаллографической ориентацией поверхности (211)В. Метод МЛЭ является наиболее подходящим эпитаксиальным методом для выращивания низкотемпературных слоев как КРТ, так и КЦТ, поскольку эпитаксиальный синтез буферных и активных слоев при низких температурах предотвращает диффузию нежелательных примесей из подложки и уменьшает фоновое легирование. Структуры CdHgTe/CdZnTe занимают лидирующие позиции в мире среди материалов для изготовления матричных фотоприемников ИК-диапазона.

Разработана технология роста высококачественных монокристаллических буферных слоев CdZnTe/CdZnTe с заданным составом на подложках epi-ready Cd_{1-x}Zn_xTe диаметром два дюйма (50,8 мм) производства АО «Гиредмет» (Россия). Наиболее значимым фактором для получения воспроизводимых результатов синте-

за высокосовременных гомоэпитаксиальных буферных CdZnTe слоев и активных CdHgTe слоев является предэпитаксиальная подготовка поверхности подложки. Разработана технология «epi-ready» подготовки рабочей (лицевой) поверхности подложек CdZnTe с мольной долей цинка около $x \approx 0,04$. Измерение шероховатости участка образца 5x5 мкм на длине 3,5 мкм показало $RMS = 0,16$ нм (Рис. 87).

В настоящее время АО «НПО «Орион» приступил к росту КРТ структур на основе КЦТ. В экспериментальных процессах эпитаксиального роста получены структуры с содержанием Cd в пленке кадмий-ртуть-теллур около 30% и толщиной около 3,5 мкм. На рисунке представлены РЭМ-изображения сколов пленок кадмий-цинк-теллур и кадмий-ртуть-теллур синтезированных методом МЛЭ на подложках CdZnTe с указанием толщин.

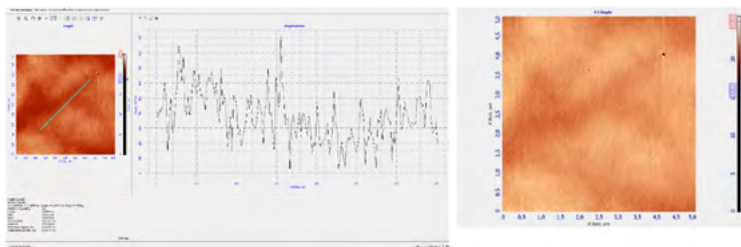


Рис. 87. Результаты исследования подготовленной к эпитаксиальному росту 2” подложки CdZnTe (211)В в атомно-силовом микроскопе.

3. Разработка высокоскоростных версий камеры коротковолнового ИК-диапазона спектра

ГНЦ Российской Федерации АО «НПО «Орион» разработал приборный типоряд ИК-камер на основе отечественных матричных фотоприемных устройств из InGaAs, работающих в коротковолновом ИК диапазоне спектра (0,9-1,7 мкм) (Рис. 89). Область применения камер охватывает как гражданские, так и специальные сферы, включая:

- мультиспектральные системы для обеспечения лучшей видимости в тумане и дыму, в сумерках (по сравнению с обычной камерой, но не тепловизором), в т.ч. с лазерной подсветкой и для обеспечения селекции цели на фоне помех;
- системы эффективного видения для авиации, в т.ч. на БПЛА;
- систему обнаружения излучения лазеров 1,064 и 1,55 мкм для коррекции наведения, обнаружения факта наведения высокоточного оружия противником и противодействия ему;
- использование при спасательных работах: обнаружение очагов огня в дыму, обнаружение людей на воде;
- гиперспектральные системы (для селекции объектов, например, при сортировке мусора или поиске нужных минералов в массиве);
- термоскопию сильно нагретых веществ (от 250 °С), в т.ч. через стекло;
- визуализацию рисунка на пластине через кремний (полупроводниковая промышленность, солнечные панели);

– производство оптоволоконных систем и оборудования, использующих лазеры 1,55 мкм (промышленного, научного, медицинского), а также производство самих лазеров (анализ профиля лазерных пучков);

– приборы для научных исследований: спектрометров, визуализаторов люминесценции в диапазоне 0,9-1,7 мкм;

– изучение скрытых рисунков и объектов в предметах изобразительного искусства.

В ряде применений требуется высокая скорость (кадровая частота) работы

ИК-камеры, например, в составе гиперспектральной системы оптического сепаратора WINGSBEE для быстродвижущейся ленты, разрабатываемой в России в рамках национального проекта «Экология».

Разработана новая версия камеры на основе матричного фотоприемного устройства формата 640x512, обеспечивающая работу с кадровой частотой 300 Гц.

А также версия камеры, созданная на основе матричного фотоприемного устройства формата 320x256 с повышенной кадровой частотой работы до 480 Гц и выходным интерфейсом Gigabit Ethernet.



Рис. 88. Снимок в видимом (слева), коротковолновом ИК (справа)



Рис. 89. Высокоскоростная камера коротковолнового ИК диапазона спектра

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ "ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
АВТОМОБИЛЬНЫЙ И АВТОМОТОРНЫЙ ИНСТИТУТ
"НАМИ"**

**1. Исследования многоцелевого экологически чистого газотурбинного
двигателя для энергетических установок различного назначения,
шифр ГТД-2**

Разработка, изготовление и испытания макетного образца многоцелевого экологически чистого газотурбинного двигателя мощностью 50 кВт для энергоустановок различного назначения, предназначенных для транспортных средств (в том числе увеличения запаса хода транспортного средства), судов и судовых платформ, автономных источников питания.

Сущность и новизна: Произведена модернизация двигателя ГТД 0361 в части опоры скольжения; доработана система измерения расхода воздуха после компрессора ГТД; изготовлены детали двигателя ГТД нового образца; проведены испытания модернизированного макетного образца ГТД 0361; модернизирована система управления двигателем ГТД и изготовлен блок управления ЭБУ двигателем; разработаны перспективные варианты исполнения подшипника скольжения с малыми потерями на трение и высокой несущей способностью.

Прогноз применения: Основные преимущества ГТД в запуске и эксплуатации в условиях низких температур позволяют применять такие силовые установки как в стационарном варианте исполнения, так и в качестве вспомогательного источника энергии подвижной техники любого назначения в широком диапазоне температур эксплуатации. Разработка нового образца эффективной микротурбины позволяет использовать ее в энергоустановках различного назначения, в том числе в транспортном Тяговом электроприводе.

Авторы: К.Е. Карпухин, Г.Г. Надарейшвили, В.С. Попов, В.Н. Кондрашов, А.В. Колесников, Е.А. Иконников, Н.М. Гринин.

2. Научно-исследовательская работа «Доводка и испытания виртуально-физической системы сенсорного и алгоритмического обеспечения функций активной безопасности» Шифр «Светофор-3»

Цель проекта: Совершенствование систем активной безопасности и инструментария их разработки с помощью виртуально-физического сенсорного и алгоритмического обеспечения.

Осуществлена доводка виртуально-физического сенсорного обеспечения, выполняющего идентификацию параметров движения автомобиля: разработан алгоритм оптимальной аппроксимации сцепных характеристик шин с прогностическими свойствами; разработана виртуальная модель «эталонной» динамики автомобиля; алгоритм идентификации параметров продольной динамики авто-

мобильна усовершенствована посредством нелинейного наблюдателя, основанного на скользящем режиме. В ходе доводки виртуально-физического сенсорного обеспечения, выполняющего анализ окружающей дорожной обстановки, усовершенствован нейросетевой алгоритм технического зрения, выполняющий идентификацию участников дорожного движения и их параметров.

Выполнены доводка и калибровка алгоритмов активной безопасности, обеспечивающих предотвращение столкновений автомобиля с внешними объектами. Проведена калибровка регуляторов, выполняющих маневры уклонения от столкновений, посредством поиска их оптимальных параметров с использованием градиентного метода оптимизации. Разработан алгоритм поиска оптимальной траектории движения автомобиля при выполнении маневра уклонения от столкновения; алгоритм основан на нелинейном методе прогностического управления NMPC. Разработан усовершенствованный алгоритм поиска безопасной траектории движения автомобиля с учетом дорожной обстановки, идентифицированной алгоритмами технического зрения. Алгоритм основан на сверточной нейронной сети и математической модели динамики автомобиля.

Новизна: В соответствии с техническим заданием на проект была разработана, реализована и исследована посредством испытаний система виртуально-физического сенсорного обеспечения, предназначенная для использования в современных системах активной безопасности. В ее состав вошли алгоритмы идентификации параметров движения автомобиля, алгоритмы анализа окружающей дорожной обстановки средствами технического зрения, а также виртуальная модель, задающая «эталонную» динамику автомобиля. Также разработаны, реализованы и исследованы посредством виртуальных и физических испытаний алгоритмы активной безопасности, осуществляющие автоматические экстренные маневры, направленные на уклонение от столкновения с препятствиями, и алгоритм, выполняющий планирование безопасной траектории движения автомобиля с учетом окружающей дорожной обстановки, идентифицированной средствами технического зрения (Рис. 90).



Рис. 90. Лабораторные и дорожные испытания автомобилей

Прогноз применения: Результаты работ начали получать применение в разработке автомобилей модельного ряда, созданного во ФГУП «НАМИ» для серийного производства. В частности, применение получают наблюдатели параметров движения автомобиля.

Авторы: И.А. Куликов, К.Е. Карпухин, П.А. Васин, И.А. Ульченко, А.В. Чаплыгин, А.В. Чаплыгин

3. Создание Компонентов автоматизированной системы «Цифровой двойник на скоростной автомобильной дороге М-11 «Нева». Шифр: «Цифровой двойник М-11».

Гос. заказчик: Министерство транспорта Российской Федерации.

Цель проекта: Создание цифрового двойника на скоростной автомобильной дороге М-11 «Нева» для обеспечения безопасного движения высокоавтоматизированных транспортных средств».

Сущность проекта: Апробация подходов и реализация цифрового двойника в рамках развития интеллектуальной транспортной системы на автомобильной дороге М-11 «Нева» - обеспечение ВАТС сведениями об организации движения наземного транспорта с заданной точностью и полнотой, обеспечение выполнения сценариев сервисной V2X-платформы.

Были разработаны: автомобильное бортовое оборудование ОВУ, устанавливаемое в транспортные средства, используемые для проведения испытаний (представляет собой аппаратно-программный комплекс бортовой аппаратуры системы (АПК БО), V2X ОВУ стандарта ITS-G5), специализированное мобильное приложение, представляющее собой ПО бортового НМИ устройства под управлением ОС Android.

Были отработаны следующие сервисы ИТС:

- 1) сервисы повышения безопасности дорожного движения;
- 2) сервисы повышения эффективности управления дорожным движением;
- 3) сервисы поддержки движения высокоавтоматизированных транспортных средств;
- 4) дополнительные сервисы для владельца автомобильной дороги;

Новизна и прогноз применения:

В рамках проекта разработан аппаратно-программный комплекс бортового оборудования «Цифровой двойник» (Рис. 91), проведены предварительные испытания и опытная эксплуатация системы на скоростной автомобильной дороге М-11 «Нева», проведены приемочные испытания. Система готова к применению.

Автор: Ковтуненко К.А.

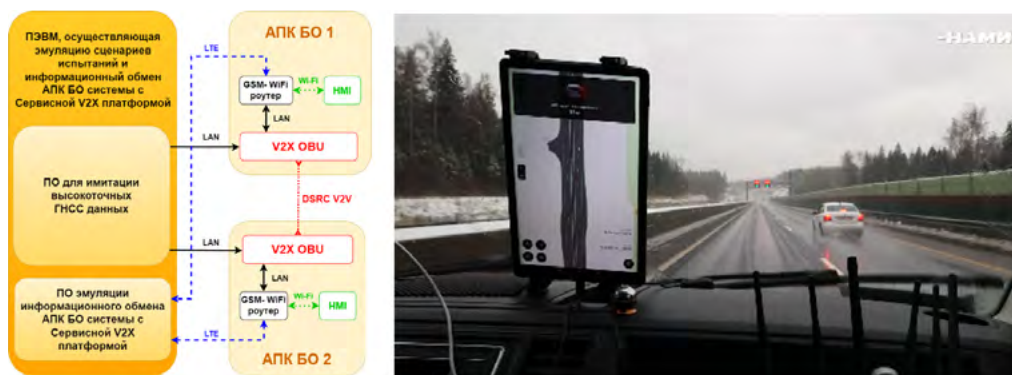


Рис. 91. Аппаратно-программный комплекс бортового оборудования «Цифровой двойник»

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ»**

**Разработка технологии и изготовление сепарационного модуля
центробежного типа методами аддитивных технологий
для перспективных ледоколов (Рис. 92)**

Разработан состав металлпорошковой композиции состава 08X18H10T, а также технология изготовления заготовки сепарационного модуля главного турбогенератора (далее СМ) методом прямого лазерного выращивания. Проведены исследования свойств нового материала, а также их сравнение со свойствами материала аналогичной заготовки изделия, изготовленной из проката стали 08X18H10T с целью оценки возможности применения нового материала и технологии аддитивного производства. Работа проводилась впервые.

По результатам проведенных исследований и испытаний установлены:

- соответствие уровня характеристик материала аддитивного производства требованиям нормативной документации на полуфабрикаты традиционного металлургического передела из стали 08X18H10T, что позволяет рассматривать новый материал в качестве альтернативного конструкционного материала;
- работоспособность опытно-экспериментального образца СМ, изготовленного с применением метода аддитивных технологий;
- возможность замены традиционных технологий изготовления СМ комбинированным методом, сочетающим классическую металлообработку и технологию прямого лазерного выращивания, сварку выращенных элементов и термическую обработку.

Применение нового подхода в серийном изготовлении СМ комбинированным методом обеспечит повышенный, относительно традиционной технологии, выход годного и сокращение производственного цикла.

Публикация:

«Изготовление опытно-экспериментального образца сепарационного модуля центробежного типа с применением аддитивных технологий» В.В. Орлов, И.А. Иванов, М.Ю. Хижов, П.А. Алексеенок, К.Н. Уткина, Н.А. Кисляков, Ю.В. Кузьминов, А.С. Жармухамбетов, А.С.Асеев, А.А. Попович, М.В. Кузнецов. Принята редакцией журнала «Тяжелое машиностроение» для публикации в № 12 за 2023 г.



Рис. 92. 3D модель (а) и сепарационный модуль изготовленный с применением аддитивных технологий (б)

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
«ИНСТИТУТ ИММУНОЛОГИИ»
ФЕДЕРАЛЬНОГО МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА**

**Комплексы малых интерферирующих РНК с пептидом-транспортером
подавляют размножение риновируса в культуре клеток и на модели
экспериментальных животных**

Ранее для выбора мишени для проектирования молекул миРНК мы провели биоинформационный анализ геномов риновируса и выбрали наиболее консервативный участок. Была спроектирована библиотека молекул миРНК, состоящая из 125 различных вариантов, из них отобрано 7 наиболее перспективных, синтезированы последовательности, получены двуцепочечные формы, проведен анализ их способности подавлять риновирусную инфекцию в культуре клеток. Были выбраны два варианта миРНК (siRV-5UTR-4-3 и siRV-5UTR-5-3), наиболее эффективно подавляющие репликацию риновируса *in vitro*. В 2023 г. определили активность этих миРНК *in vitro* и *in vivo*. Для доставки миРНК в клетку использовали созданный нами ранее синтетический дендримерный пептид КК-46. Результаты подавления вирусной инфекции комплексами миРНК-пептид КК-46 *in vitro* и *in vivo* приведены на Рис. 93 и Рис. 94. Выбранные варианты миРНК (siRV-5UTR-4-3 и siRV-5UTR-5-3) в комплексе с КК-46 снижают репликацию риновируса *in vitro* в 42 и 14 раз соответственно. Интраназальное введение комплекса миРНК/КК-46 снижает вирусную нагрузку в слизистой оболочке носовой полости экспериментальных мышей в 10 и 8 раз для siRV-5UTR-4-3 и siRV-5UTR-5-3 соответственно.

Комплексы миРНК/КК-46 (обведены на рисунках красным) подавляют размножение риновирусов в культуре клеток *in vitro* (Рис. 93) и у экспериментальных животных *in vivo* (Рис. 94). По оси ординат – число копий (геномов) вирусной РНК, определенное количественной ПЦР, на 1 мкг общей РНК.

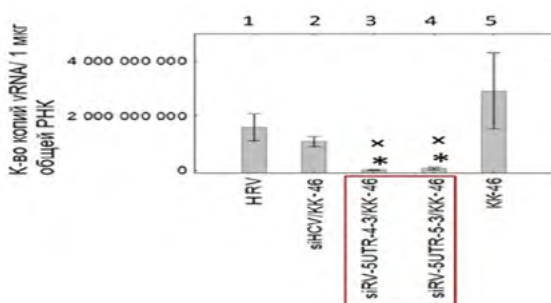


Рис. 93. 1 – HRV только риновирус; 2 – комплекс с миРНК вируса гепатита С; 3 и 4 – комплексы миРНК-пептид КК-46; 5 – КК-46 – только пептид-транспортер КК-46.

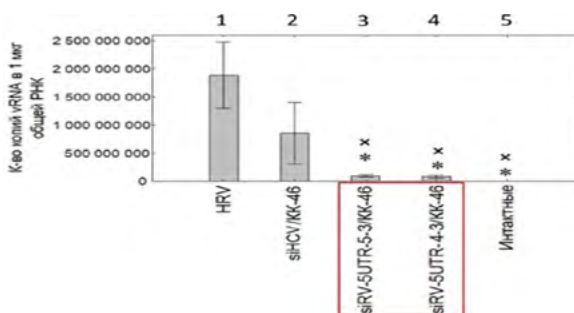


Рис. 94. HRV только риновирус; 2 – комплекс с миРНК вируса гепатита С; 3 и 4 – комплексы миРНК-пептид КК-46; 5 – интактные (незараженные) мыши.

Таким образом, созданы молекулы миРНК, способные в комплексе с пептидом-носителем КК-46 эффективно подавлять экспрессию жизненно важных генов риновируса, и, соответственно, его размножение. Комплекс миРНК и носителя является прототипом препарата, действующего на основе интерференции РНК и может быть использован для создания лекарственных средств для лечения риновирусной инфекции человека.

Авторы: Шиловский И.П., Тимотиевич Е.Д., Юмашев К.В., Шатилов А.А., Кофиади И.А., Хаитов М.Р.

Публикация:

Шиловский И.П., Тимотиевич Е.Д. и соавт. Разработка молекул малых интерферирующих РНК для подавления риновирусной инфекции. Иммунология, 2023, 6, в печати.

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ
СОЕДИНЕНИЙ"**

**В ГНИИХТЭОС выполнен комплекс работ по созданию высококачественного
безопасного силиконового геля для эндопротезирования.**

Изучение гелей ведущих мировых фирм показало (таблица), что они содержат до 60 % несвязанных соединений, провоцирующих раковые заболевания. Реализованный в ГНИИХТЭОС новый подход к разработке рецептур гелей обеспечил получение новых гелей, в составе которых максимально снижено или почти полностью исключено наличие «несвязанных» низкомолекулярных соединений, способных мигрировать через оболочку в организм человека, вызывая смертельно опасные заболевания. Разработка технологии получения безопасных когезионных силиконовых гелей и составляющих его ингредиентов для заполнения объема оболочек имплантатов всех типов позволяет получать эндопротезы, превосходящие по своим функциональным свойствам лучшие мировые бренды, например фирмы NuSil. Кроме того, на базе этих гелей будет создана новая линейка отечественных материалов для медицинского применения, производства которых нет в Российской Федерации.

Таблица. Физико-механические и физико-химические свойства гелей – наполнителей эндопротезов грудной железы импортного производства и гелей – наполнителей, разработанных ГНИИХТЭОС.

Наименование показателя	Маркировка фирмы-производителя				
	TM M2 270 EUROSILICON	GFX-IMP SMR270 NAGOR	Гели, разработанные ГНИИХТЭОС		
Модуль упругости, кПа	1,47	2,06	0,50	1,10	1,80
Содержание золь-фракции, % (инициатора ракового заболевания)	53,27	59,03	5,42	1,07	9,66
Содержание гель-фракции, %	46,73	40,97	94,57	98,92	90,34
Средняя степень поперечной сшивки	0,79	0,74	3,50	8,78	2,79

В России в настоящее время ежегодно проводится более 45 тысяч противоопухолевых операций на молочных железах. Государственные клиники за счет ОМС выполняют около 3 тысяч операций по восстановлению молочной железы после мастэктомии имплантатами зарубежного производства. Более 40 тысяч пациенток не могут получить возможность реконструктивных операций с использованием высококачественных отечественных протезов.

Создание отечественного производства новых гелей позволит в кратчайшие сроки решить эту острейшую социальную проблему и вернуть к полноценной жизни множество женщин, при этом сохранив их семьи.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Автоматизированная система гидрологических прогнозов на реках бассейна Дона, Тобола, а также притока воды в Цимлянское водохранилище.

Разработана автоматизированная система мониторинга, а также краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного прогноза гидрологической обстановки на реках бассейна Дона, Тобола, а также притока воды в Цимлянское водохранилище, основанная на методах и моделях гидрологического прогнозирования, реляционных баз данных и ВЕБ-ГИС технологиях. Разработаны рекомендации по выбору оптимальных методов прогнозирования гидрологических процессов на основе учета факторов, лимитирующих надежность и заблаговременность гидрологических прогнозов.

В качестве методической основы прогнозирования стока использованы тематические модели формирования стока водосбора, система выпуска краткосрочных метеорологических прогнозов, экстраполяционные методы, физико-статистические зависимости, а также методы искусственного интеллекта. Исходной

информацией для выпуска прогнозов служат данные гидрометеорологических наблюдений наземных сетей Росгидромета, а также численные прогнозы погоды.

Новизна: Впервые для бассейнов Дона, Тобола и Цимлянского водохранилища разработана и внедрена автоматизированная система выпуска оперативных гидрологических прогнозов характеристик водного и ледового режимов различной заблаговременности.

Значимость: Внедрение автоматизированной системы выпуска оперативных гидрологических прогнозов в оперативную практику приведет к улучшению качества обслуживания потребителей прогностической гидрологической продукции.

Авторы: В.А. Бельчиков, С.В. Борщ, В.В. Дерюгина, А.В. Романов, Е.А. Рысева, Н.К. Семенова, М.И. Сильницкая, Ю.А. Симонов, А.В. Христофоров, Н.М. Юмина

Публикации:

Блинов Д.В., Борщ С.В., Вильфанд Р.М., Колий В.М., Ривин Г.С., Семенова Н.К., Симонов Ю.А., Христофоров А.В., Юмина Н.М. Возможности использования системы COSMO-RU при краткосрочном прогнозировании стока рек России // Метеорология и гидрология. 2023. № 2. С. 5–14.

Борщ С.В., Колий В.М., Рысева Е.А., Семенова Н.К., Симонов Ю.А., Христофоров А.В. Методика расчета среднесуточных расходов воды на реках России с использованием модели формирования стока HBV-96 // Метеорология и гидрология. 2023. № 3. С. 47–56.

Борщ С.В., Симонов Ю.А., Христофоров А.В. Прогнозирование стока рек России. М.: Гидрометцентр России, 2023. 200 с.

Романов А.В., Экмаев Э.Р., Червоненкис М.А. Глубокие нейронные сети архитектуры трансформер в задачах гидрологических прогнозов // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2023, № 2 (388), С. 138-155.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
"ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ
И РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ"**

**Совершенствование государственного первичного эталона единиц
поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы фотонного, электронного
и протонного излучений ГЭТ 38-2021.**

В 2023 году завершена работа по совершенствованию Государственного первичного эталона единиц поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы фотонного, электронного и протонного излучений ГЭТ 38-2021, целью которой было обеспечить единство измерений параметров пучков протонов и тяжелых заряженных частиц (ТЗЧ), необходимых в лучевой терапии и испытаниях на радиационную стойкость электронно-компонентной базы, применяемой в космической отрасли, с учетом актуальности развития этих направлений. В рамках выполнения работы созданы:

– калориметр для воспроизведения поглощенной дозы ионного излучения, конструкция которого позволяет проводить измерения в водном фантоме на различной глубине, что обеспечивает удобство работы в распределенном пике Брегга и при передаче единицы величины;

– цилиндр Фарадея для воспроизведения плотности потока и флюенса ТЗЧ. Заряд, накопленный в нем в результате облучения пучком ТЗЧ, измеряется с помощью высокоточного измерителя тока; количество частиц в таком случае определяется как соотношение полученного заряда к заряду частиц в пучке;

– набор калориметров полного поглощения для определения энергии ТЗЧ. Калориметры для разных видов ТЗЧ разрабатывались таким образом, чтобы свойства поглотителя позволяли поглотить все частицы в пучке и при этом обеспечить оптимальные условия для определения степени нагрева.

Проведены государственные испытания усовершенствованного эталона.

Новизна результата: В Российской Федерации представленные результаты получены впервые. Метрологические характеристики эталона находятся на уровне ведущих метрологических лабораторий мира, а по ряду показателей их превосходят.

Значимость результата: Полученные результаты позволяют обеспечить достоверность и единство измерений в клинической дозиметрии, необходимых при проведении ионной лучевой терапии, а также измерений энергии, флюенса и плотности потока частиц для целей испытаний на радиационную стойкость изделий отечественной электронно-компонентной базы, применяемых в космической отрасли и оборонной промышленности.

Прогноз применения: Полученные результаты будут использованы при решении задач создания средств метрологического обеспечения испытаний на радиационную стойкость изделий электронно-компонентной базы, испытаний с целью утверждения типа дозиметров, применяемых в лучевой терапии.

Авторы: Берлянд А.В., Берлянд В.А., Дьяченко В.М., Федоров С.Г., Коваленко О.И.

Публикации:

2 статьи, 6 докладов на конференциях, в том числе: Берлянд А.В., Берлянд В.А., Дьяченко В.М., Федоров С.Г. Совершенствование Государственного первичного эталона единиц поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы фотонного, электронного и протонного излучений ГЭТ 38-2021 с целью расширения диапазона энергий протонного излучения и номенклатуры воспроизводимых величин // X научно-практическая конференция «Обеспечение единства измерений в области использования атомной энергии», г. Сочи, 23 - 25 октября 2023 г.; Берлянд А.В. Проблемные вопросы измерений параметров ионизирующих излучений при проведении испытаний на радиационную стойкость и в ядерной медицине» // Международный метрологический форум и выставка «Метрология без границ», Москва, 15 - 17 мая 2023 г.

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ "ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ИМЕНИ М.В. КЕЛДЫША"

1. Прогнозирование запасов работоспособности и ресурса работы ракетных двигателей и двигательных установок в части работ 2019-2023 годов

Сущность:

1. Результаты расчета интегральных параметров рабочего процесса в камерах сгорания и газогенераторах жидкостных ракетных двигателей на основании численного метода расчетного моделирования газо-капельных осесимметричных и трехмерных турбулентных течений с горением, включающего совместное решение системы уравнений типа Навье-Стокса и k-ε модель турбулентности, учитывающих скорость горения и обобщенное уравнение химической кинетики аррениусового типа, расчет движения, прогресса, испарения, горения и дробления капель в подходе Лагранжа, режимы индивидуального и группового горения капель топлива в плотных пучках (Рис. 95).

На основании расчета кривых выгорания возможно определение относительных коэффициентов усиления рабочего процесса, характеризующих склонность системы к возникновению высокочастотных колебаний давления, что позволяет выбрать пути борьбы с этим явлением.

2. Результаты расчетно-экспериментальных исследований взаимодействия конструкционных материалов с различными средами для определения запасов работоспособности узлов и агрегатов двигателя и оценки степени надёжности его элементов и изделия в целом на основании проведенных экспериментальных исследований на специальных установках по определению пределов возгорания конструкционных материалов, а также численного моделирования и аналитических исследований состояния конструкционных материалов при воздействии алюминиевых частиц, трения и органических инициаторов возгорания (Рис. 96).

Разработаны рекомендации по использованию никелевых сплавов в теплонапряженных элементах конструкции.

3. Результаты анализа работоспособности подшипников при теплосиловом воздействии со стороны окислительной и восстановительной сред с учетом их теплового состояния в процессе работы двигателя с целью оценки надёжности турбонасосного агрегата и определения запасов его работоспособности, которые необходимо учитывать при выборе диапазонов регулирования двигателя и прогнозирования ресурса его работы (Рис. 97).

Разработаны математические модели процесса нагрева, окисления и возгорания, даны прогнозные оценки по ресурсу и работоспособности элементов тракта двигателя и турбонасосного агрегата.

Новизна: Моделирование процессов горения в нестационарной постановке задачи. Использование собственных экспериментальных данных для разработки теории взаимодействия конструкционных материалов с окислительной и восстановительными средами с целью определения запасов работоспособности.

Значимость: Выполненные исследования являются вкладом в создание науч-

но-технического задела для создания цифрового двойника двигателя, в том числе многоразового использования, с учетом деградации свойств конструкционных материалов в процессе эксплуатации.

Прогноз применения: Полученные результаты могут быть использованы при прогнозировании запасов работоспособности ЖРД нового поколения и двигательных установок на их основе, а также оценки их надёжности и определения диапазонов по регулированию.

Авторы: Кошлаков В.В., Губертон А.М., Сидлеров Д.А., Мосолов С.В., Позвонков Д.М., Петрунин С.В., Кукольникова А.Л., Ишаев Р.О.

Публикации:

Результаты исследований были представлены на XV Всероссийском симпозиуме по горению и взрыву.

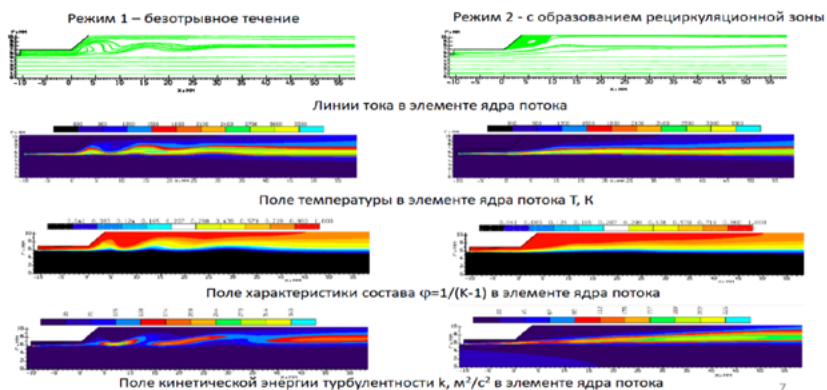


Рис. 95. Реализация двух режимов течения в КС кислородно-керосиновом двигателе при дросселировании тяги до 60%

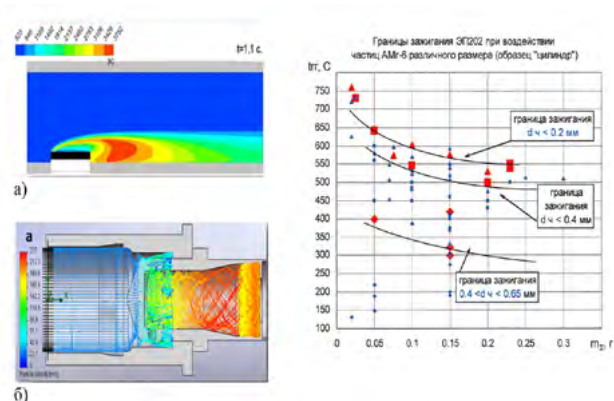


Рис. 96. Численное моделирование горения локального источника в потоке окислительного газа и разогрева стенки газовада (а), моделирование взаимодействия частиц, переносимых потоком газа (б), Температурные границы зажигания (справа)

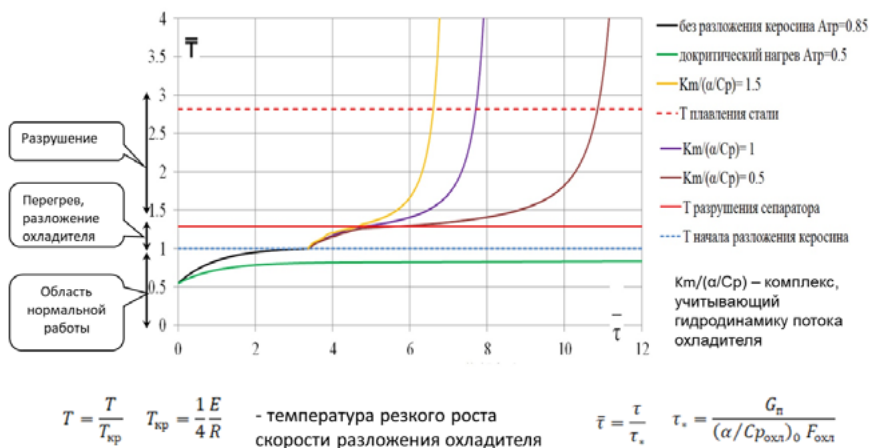


Рис. 97. Тепловое состояние подшипника насоса горячего при различном значении работы трения

2. Расчетно-теоретические и экспериментальные исследования в обеспечение создания научно-технического и методического задела по перспективным системам хранения компонентов топлива.

Сущность: 1. Создание методов математического моделирования физических процессов в баковых системах, включая динамику жидкости и газа, сопряженный теплообмен с учетом элементов конструкции, фазовые переходы, капиллярные силы. Реализованы 0d-1d подходы на основе упрощенных моделей и балансовых термодинамических соотношений, методы моделирования на основе уравнений Навье-Стокса в трехмерной постановке, модели на базе метода решеточных уравнений Больцмана. Реализация предложенных моделей выполнена как в виде авторских программных кодов, так и с использованием отечественных программных продуктов «SimInTech» и «Логос». Проведена верификация и валидация предложенных подходов как на экспериментальных данных других авторов, так и на материале «Центра Келдыша».

2. Получены результаты моделирования различных режимов работы баковых систем с применением разработанных расчетных инструментов. Определена динамика жидкости в баке перспективной возвращаемой ступени ракеты-носителя (Рис. 98) при выполнении разворота перед посадочным импульсом. Выполнены расчеты динамики топлива в баке РБ «Фрегат-СБУ», что позволило определить минимальную степень заполнения бака, при котором в топливозаборное устройство не попадают газовые включения. Создана тепловая модель перспективной испарительной системы наддува бака космического аппарата. Получены гидравлические характеристики пористого сетчатого материала, используемого в качестве элемента капиллярного заборного устройства.

Новизна: Моделирование динамики жидкости в сетке методом решеточных уравнений Больцмана и подходом на основе уравнений Навье-Стокса в широком диапазоне ламинарных и турбулентных чисел Рейнольдса. Определение динамики

ки жидкости в баке РБ «Фрегат-СБУ», расчет плесканий жидкости в баке перспективной возвращаемой ступени.

Значимость: Выполненные исследования являются вкладом в создание научно-технического задела для создания цифрового двойника системы хранения компонентов топлива в баках ракет-носителей и космических аппаратов.

Прогноз применения: Полученные результаты могут быть использованы при создании перспективных баковых систем.

Авторы: Лаптев И.В., Черкасов С.Г., Моисеева Л.А., Ананьев А.В., Куроедов А.А., Городнов А.О., Суворов А.С., Петрова С.В., Сидоренко Н.Ю.



Рис. 98. Результаты моделирования плесканий в баке перспективной возвращаемой ступени

3. Запуск оборудования базы предреакторных испытаний для отработки экспериментальных образцов системы преобразования энергии ядерной энергоустановки космического назначения.

В 2023 году специалисты АО ГНЦ «Центр Келдыша» в обеспечение работ, выполняемых в рамках аванпроекта космического комплекса с транспортно-энергетическим модулем на основе ядерной энергетической установки, провели цикл пуско-наладочных работ, направленных на подготовку технологического, специального и имитационного оборудования базы предреакторных испытаний к испытаниям экспериментальных образцов системы преобразования энергии ядерной энергоустановки космического назначения.

Новизна: База предреакторных испытаний АО ГНЦ «Центр Келдыша» является самым мощным и многофункциональным комплексом для проведения экспериментальной отработки, включая ресурсную, газотурбинных систем преобразования энергии мощных энергодвигательных установок и их составных частей не только в России, но и в мире (на основе опубликованных зарубежных данных).

Значимость: Проведенные работы обеспечили возможность отработки технологического, специального и имитационного оборудования базы совместно с наземным прототипом системы преобразования энергии на базе двух модулей

газотурбинного преобразования тепловой энергии в электрическую. Для имитации работы реакторной установки использовались два электрических тепловых имитатора мощностью до 1000 кВт каждый.

Прогноз применения: Результаты будут использованы при наземной экспериментальной отработке экспериментальных образцов системы преобразования энергии ядерной энергоустановки на базе предреакторных испытаний АО ГНЦ «Центр Келдыша».

Выполненные работы существенно расширили возможности нашей страны по созданию мощных энергодвигательных систем космического назначения.

Авторы: Коротеев А.С., Кошлаков В.В., Ловцов А.С., Двизов Ю.В., Готовцев К.В., Захаренков Л.Э., Каревский А.В., Кирюшин Е.Н., Медведев И.М., Семенкин А.В., Солодухин А.Е., Федотов С.Ю., Филатов Н.И., Цветков А.Г., Чиков А.В.

4. Повышение эффективности преобразования тепловой энергии в электрическую в газотурбинном преобразователе системы преобразования энергии ядерной энергоустановки космического назначения.

В 2023 году специалисты АО ГНЦ «Центр Келдыша» в рамках выполнения аванпроекта космического комплекса с транспортно-энергетическим модулем на основе ядерной энергетической установки продолжили испытания экспериментальных образцов составных частей системы преобразования энергии (СПЭ) ядерной энергоустановки (ЯЭУ) с турбомашинным преобразованием энергии по циклу Брайтона с целью определения и проверки технических решений по повышению эффективности преобразования тепловой энергии в электрическую.

Новизна: На стенде «Машзал» АО ГНЦ «Центр Келдыша» воспроизводилась работа системы преобразования энергии ядерной энергоустановки по однопетлевой схеме, то есть с одним газотурбинным преобразователем. Для имитации работы реакторной установки использовался электрический тепловой имитатор мощностью до 1000 кВт. Проведен первый этап испытаний замкнутого контура турбомашинного преобразования энергии с ключевыми составными частями усовершенствованной конструкции: газотурбинным преобразователем (ГТП) С5.159.1000АД3-0 и теплообменником рекуператором (ТР) 419.00.000.

Значимость: Результаты испытаний показали существенный рост эффективности преобразования тепловой энергии в электрическую по сравнению с ранее проведенными испытаниями ГТП С5.159.1000АД2-0 и стендовым теплообменником-рекуператором, что подтвердило правильность принятых технических решений, реализованных в конструкции ГТП С5.159.1000АД3-0 и ТР 419.00.000.

Прогноз применения: Полученные результаты будут использованы для оценки возможности создания лётного образца СПЭ для ЯЭУ с заданными техническими характеристиками.

Авторы: Коротеев А.С., Кошлаков В.В., Ловцов А.С., Готовцев К.В., Захаренков Л.Э., Каревский А.В., Кирюшин Е.Н., Семенкин А.В., Солодухин А.Е., Филатов Н.И., Цветков А.Г.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ "РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ХИРУРГИИ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Б.В. ПЕТРОВСКОГО"

1. Математическая и компьютерная модель изучения ремоделирования аорты при расслоении и его связь с внутриаортальной гемодинамикой

Исследование проводилось совместно с ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт». Частота встречаемости расслоения грудной аорты в среднем составляет 5–30 случаев на 1 млн населения в год. Естественное течение и наблюдаемые отдаленные аорто-ассоциированные осложнения у пациентов, оперированных по поводу расслоения аорты, требуют дальнейшего изучения и применения новых стратегий лечения. Целью исследования является разработка эффективного вычислительного подхода для прогнозирования возможных вариантов ремоделирования аорты, путем построения математической и компьютерной модели расслоения и численного расчета внутриаортальной гидродинамики. Проводился численный расчет гемодинамики в упрощенных идеализированных моделях расслоения аорты, а также расчет по данным компьютерных томограмм пациентов с расслоением до и после хирургического лечения. По результатам решения задачи протекания крови для всех моделей были построены поля скоростей, давлений и сдвиговых напряжений (WSS), включая осредненные по времени сдвиговые напряжения (TAWSS), индекс колебаний сдвиговых напряжений, коэффициент интенсивности турбулентности. Показано, что TAWSS является предиктором исхода лечения и позволяет оценить возможность отрицательного и положительного ремоделирования.

Авторы: Чарчян Э. Р., Чакал Д. А., Брешенков Д.Г., Белов Ю. В.

Публикации:

«Расчетное и экспериментальное исследование влияния режимов 3D-печати и концентратора напряжений на прочность и жесткость слоистых полимерных композитов из полилактида». Гуцин В.А., Колесников Б.В., Головкин Н.А., Побежимов В.В., Несмелов А.А., Чарчян Э.Р., Крупнин А.Е. Международная инновационно-ориентированная конференция молодых учёных и студентов (МИКМУС-2023, Москва, ИМАШ РАН, 13-14 ноября 2023).

Математическая и компьютерная модель изучения ремоделирования аорты при расслоении и его связь с внутриаортальной гемодинамикой. Чарчян Э.Р., Чакал Д.А., Брешенков Д.Г., Крупнин А.Е., Никуленкова О.В., Семенов Л.И. XXIX Всероссийский Съезд сердечно-сосудистых хирургов

Charchyan E, Breshenkov D, Mutaev O, Bazarov D, Grigorichuk A, Belov Y. Thoracoscopic Clipping of Intercostal Artery for Treatment of Type II Endoleak Following Frozen Elephant Trunk Procedure: Case Report. Innovations (Phila). 2023 Jul-Aug;18(4):384-386. doi: 10.1177/15569845231185548.

Charchyan E, Breshenkov D, Belov Y. A new dissection-specific hybrid stent graft for patients with DeBakey type I aortic dissection. Eur J Cardiothorac Surg. 2022 Feb 18;61(3):596-604. doi: 10.1093/ejcts/ezab441.

Charchyan E., Breshenkov D., Belov Y. Follow-up outcomes after the frozen

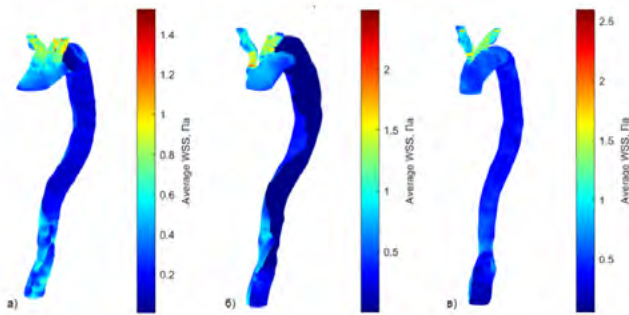


Рис. 99. Поля осредненных по времени сдвиговых напряжений (TAWSS) у пациента с положительным ремоделированием аорты.

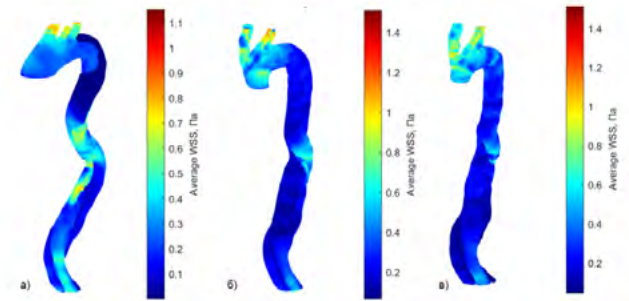


Рис. 100. Поля осредненных по времени сдвиговых напряжений (TAWSS) у пациента с отрицательным ремоделированием аорты. Тенденции к отрицательному ремоделированию, индикатором которого является увеличение TAWSS в области диафрагмы, а также повышение общего уровня сдвиговых напряжений.

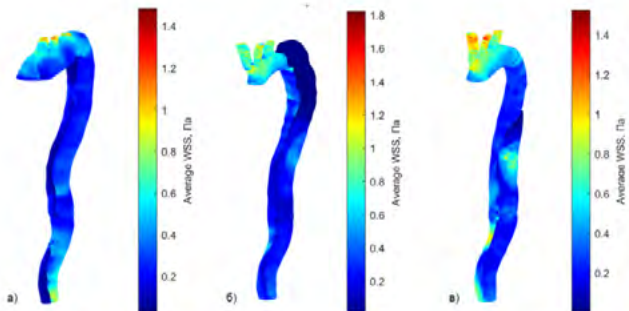


Рис. 101. Увеличение среднего уровня TAWSS в областях фенестраций и нарастание турбулентного вихревого потока, что также приводит к локализации и увеличению общего уровня TAWSS.

2. Применение вибрационных методов воздействия на легкие для восстановления их функционального состояния после больших реконструктивных кардиохирургических операций

Респираторные осложнения являются одной из самых частых причин тяжелого течения послеоперационного периода у пациентов, перенесших операцию. В целях профилактики и лечения респираторных осложнений у 120 больных было проведено проспективное рандомизированное сравнительное исследование эффективности различных видов респираторной физиотерапии: виброакустический массаж легких, вибрационная РЕР-терапия, массаж грудной клетки с использованием высокочастотных компрессионных жилетов, классический мануальный массаж. Всего проведено более 1500 сеансов. Контрольную группу (30 человек) составили пациенты без использования специальных методов респираторной терапии. Затруднения эвакуации мокроты отмечены более чем в 90% случаев, к концу сеансов достоверное улучшение её пассажа возросло в среднем в 3,1 раза. К окончанию курса респираторной терапии (9 сеансов в течение 3 суток) выявлено значительное достоверное увеличение прироста измеряемых с помощью спирометрии объемов вдоха (МЕВд и СМЕВд) и возрастание показателей оксигенирующей функции легких во всех четырех группах больных, а также уменьшение рентгенологических изменений в легких (гиповентиляция, ателектазы). Ни у одного пациента исследуемых групп в послеоперационном периоде не развилась пневмония. Исследование продемонстрировало возможность использования данной методики в комплексе мероприятий, проводимых для ранней профилактики и лечения легочных осложнений у широкого спектра кардиохирургических больных.

Авторы: Еременко А.А., Зюляева Т.П., Фомина Д.В., Алферова А.П., Сорокина Л.С., Кошек Е.А.

Публикации:

Еременко А.А., Зюляева Т.П., Рябова Д.В., Алферова А.П. Сравнительная оценка эффективности вибрационных физиотерапевтических методов в ранние сроки после кардиохирургических вмешательств//Вестник анестезиологии и реаниматологии.-2021.-т.18, №6, с. 80-89. DOI:10.1292/2078-5658-2021-18-6-80-89. 2. Еременко А.А., Зюляева Т.П., Рябова Д.В., Грекова М.С., Алферова А.П., Гринь О.О., Дмитриева С.С., Петров А.С., Гончарова А.В.

Сравнительная оценка результатов измерения емкости вдоха с помощью побудительного спирометра и метода ультразвуковой спирографии в раннем послеоперационном периоде у кардиохирургических пациентов. "Общая реаниматология", 2023;19(1):13-19.<https://doi.org/10.15360/1813-2023-1-2256>.

D.V. Fomina, A.A. Eremenko, T.P. Zyulyaeva, M.S.Grekova, A.P.Alferova, O.O.Grin, S.S.Dmitrieva. Comparative evaluation of different respiratory rehabilitation methods in the early postoperative period of cardiac surgery patients. Petrovsky National Research Centre of Surgery, intensive care unit, Moscow, Russian Federation. Critical Care 2023, 27(S1): P330.

Еременко А.А., Зюляева Т.П., Алферова А.П., Фомина Д.В., Грекова М.С., Гринь О.О., Дмитриева С.С. //Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. (принята в печать)

Доклады:

Рябова Д.В., Алферова А.П., Левицкая М.С. Сравнительная оценка эффективности вибрационных методов в ранние сроки после кардиохирургических операций. Всероссийская конференция с международным участием “IX Беломорский симпозиум”, г. Архангельск, 23-24 июня 2022 г. (Доклад занял первое место).

Фомина Д.В., Еременко А.А., Зюляева Т.П., Грекова М.С., Алферова А.П. Effectiveness of vibratory physiotherapeutic methods for respiratory rehabilitation after cardiac surgery. European Society of Intensive Care (ESICM) Paris, 22-26.10.2022. (Стендовый доклад).
3 Фомина Д.В., Еременко А.А., Зюляева Т.П., Грекова М.С., Алферова А.П., Гринь О.О., Дмитриева С.С. Comparative evaluation of different respiratory rehabilitation methods in the early postoperative period of cardiac surgery patients (Стендовый доклад). International Symposium on Intensive Care and Emergency Medicine, Brussels 21-22.03.2023.

3. Современные подходы к диагностике и лечению железистой гиперплазии эндометрии без атипии

Настоящее исследование проводилось совместно с ведущими российскими акушерами, гинекологами и репродуктологами, в том числе с д.м.н., профессором Оразовым М.Р. - профессор кафедры акушерства и гинекологии с курсом перинатологии Медицинского института Российского университета дружбы народов.

При проведении иммуногистохимического исследования биопсийного материала с диагнозом гиперплазия эндометрия без атипии выявлены достоверные различия в уровне экспрессии эстрогеновых рецепторов в железистом, а прогестероновых – в стромальном и железистом компонентах, Ki-67 в стромальном компоненте у пациенток с эффективным и неэффективным лечением. На основании этих данных разработана математическая модель, позволяющая с точностью до 93% определить потенциальный ответ на терапию дидрогестероном и норэтистерона ацетатом у пациенток репродуктивного возраста с гиперплазией эндометрия без атипии. Ее чувствительность составила 89,7%, специфичность – 95,1%. Применение данной модели обеспечит верный прогноз исхода терапии.

Для прогнозирования ответа на терапию гестагенами значения экспрессии эстрогеновых рецепторов в железистом компоненте эндометрия (X1), прогестероновых – в железистом (X2) и стромальном (X3), Ki-67 - в стромальном компоненте (X4) необходимо вставить в разработанное нами уравнение логистической регрессии:

$$\frac{\exp(-37,10+0,083 \times X1+0,044 \times X2+0,06 \times X3-0,081 \times X4)}{1+\exp(-37,10+0,083 \times X1+0,044 \times X2+0,06 \times X3-0,081 \times X4)} * 100\%.$$

Полученный результат (P), выраженный в процентах, при значении 50% и более свидетельствует о потенциальной эффективности гестагенной терапии в 93% случаев. При значении менее 50% требуется использование других методов лечения.

Авторы: Михалева Л.М., Вандышева Р.А., Щербатюк К.В., Массалимова Д.Н.

Публикации:

Оразов М.Р., Михалева Л.М., Муллина И.А. Рецидивирующая эндометриальная гиперплазия без атипии в репродуктивном возрасте. Прогнозирование и ран-

няя диагностика // *Акушерство и гинекология: новости, мнения, обучение*. 2023. Т. 11, № 3 С. X–XX. DOI: <https://doi.org/10.33029/2303-9698-2023-11-3-XX-XX> //

Щербатюк К.В., Михалёва Л.М., Каппушева Л.М., Голухов Г., Гуторова Д., Овчинникова А., Баисова Б., Бреусенко В.Г. Прогностическая значимость иммуногистохимического статуса эндометрия в качестве маркеров терапии гиперплазии эндометрия // *Морфология*. - 2022. - Т. 160. - №3. doi: 10.17816/morph.364510

Оразов М.Р., Михалёва Л.М., Муллина И.А. Гиперплазия эндометрия и резистентность к прогестерону - непростые взаимоотношения // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина*. - 2023. - Т. 27. - №1. - С. 65-70. doi: 10.22363/2313-0245-2023-27-1-65-70 // РИНЦ

М.Р. Оразов, Р.Е. Орехов, Л.М. Михалёва, И.А. Муллина. Предиктивный подход к менеджменту женщин, страдающих гиперплазией эндометрия без атипии. *Медицинский алфавит*. 2023;(15):8-12 //

Оразов М.Р., Михалева Л.М., Муллина И.А., Айвазова З.С. Прогнозирование рецидивов гиперплазии эндометрия без атипии // *Акушерство и гинекология: новости, мнения, обучение*. 2023. Т. 11. Спецвыпуск. С. 122-125. DOI: <https://doi.org/10.33029/2303-9698-2023-11-suppl-122-125> // РИНЦ

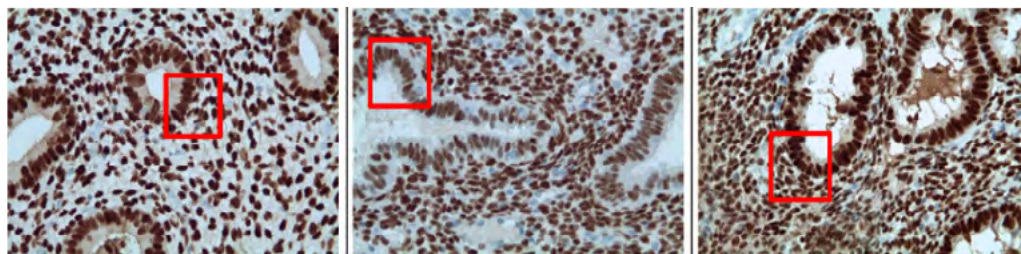


Рис. 102. Иммуногистохимическая экспрессия ERα в ткани гиперплазии эндометрия без атипии исходно в группе с эффективной терапией (а), неэффективной терапией (б) и в группе сравнения (в) (ИГХ, х400 раз). Красный квадрат – железистый компонент.

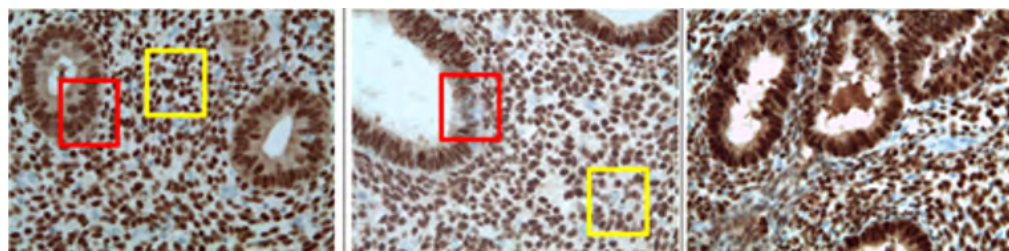


Рис. 103. Иммуногистохимическая экспрессия PR в ткани гиперплазии эндометрия без атипии исходно в группе с эффективной терапией (а), неэффективной терапией (б) и в группе сравнения (в) (ИГХ, х400 раза). Красный квадрат – железистый компонент. Желтый квадрат – стромальный компонент.

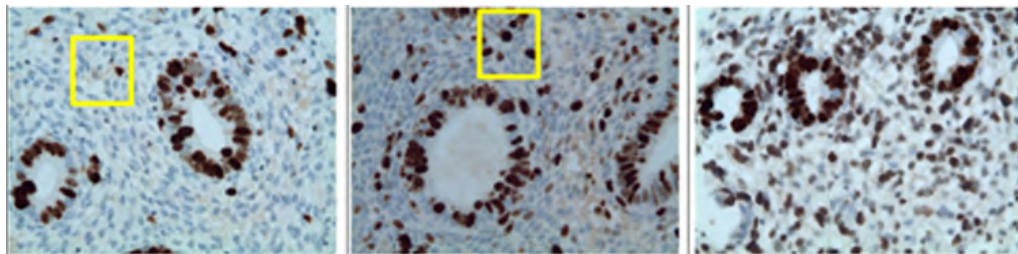


Рис. 104. Иммуногистохимическая реакция с маркером Ki-67 в эндометрии до лечения в группе с эффективной (а) и неэффективной терапией (б), и в группе сравнения (в) (ИГХ, x400 раз). Красный квадрат – железистый компонент. Желтый квадрат – стромальный компонент

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«СИБИРСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ АВИАЦИИ ИМЕНИ С. А. Чаплыгина»
(предприятие НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»)**

1. Разработка и летные испытания демонстраторов транспортного беспилотного летательного аппарата сверхкороткого взлета и посадки с гибридной силовой установкой и активным обдувом несущих поверхностей (Рис. 105 и Рис. 106)

Создание летательного аппарата (ЛА), оптимально сочетающего взлет и посадку с ограниченных неподготовленных площадок и полет с высокой топливной эффективностью, имеет особую актуальность для Российской Федерации в связи с необходимостью доставки людей и грузов в удаленные труднодоступные районы, зачастую имеющие слабо подготовленные грунтовые взлетно-посадочные площадки, снежные или ледовые аэродромы и слаборазвитую дорожную инфраструктуру.

В рамках работы, связанной с уточнением характеристик Демонстратора путём проведения комплекса испытаний, конструкторско-технологической подготовкой производства, изготовлением элементов конструкции и сборкой демонстратора, проработкой программы выполнения следующего этапа работы, в 2023 году выполнены следующие задачи:

Выполнены доработка и испытания аэродинамической модели Демонстратора в аэродинамической трубе с открытой рабочей частью Т-203 СибНИА. Проведённые в АДТ Т-203 испытания динамически подобной модели с работающими силовыми установками позволили выявить ряд особенностей обтекания модели и динамики её поведения на больших углах атаки, соответствующих режимам сверхкороткого взлёта и посадки. Эти исследования позволили наметить пути улучшения аэродинамических и динамических характеристик ДПМ и выработать варианты технических решений.

Выполнена подготовка к прочностным испытаниям несущих элементов конструкции Демонстратора. Анализ результатов расчета показал, что статическая прочность основных агрегатов обеспечена.

Разработана конструкторская документация для изготовления и сборки Демонстратора, в том числе на фюзеляж, коробки крыльев, хвостовое оперение, самолетные системы, авиационное и радиоэлектронное оборудования. На основании разработанной конструкторской документации с использованием спроектированной и изготовленной технологической оснастки изготовлен первый экземпляр Демонстратора, а также запасные части Демонстратора, лопасти воздушных винтов, инструменты.

Проведены испытания шасси. Из результатов расчетно-экспериментальных исследований следует, что шасси обеспечивает поглощение энергии посадочного удара при нагрузках, не превышающих допустимые при эксплуатационной вертикальной скорости приземления не более 3,05 м/с.

Проведены наземные испытания гибридной силовой установки на стенде, в рамках которых определены функциональные параметры различных конфигураций лопастей воздушного винта, подтверждена их работоспособность на различных режимах полета; также проведена выборка, и отобранные комплекты испытаны заданной программой испытаний количеством циклов на режиме работы, соответствующем взлету и посадке, в результате чего произведена доработка лопастей с целью увеличения прочности комлевой части лопасти.

Проведены наземные испытания комбинированной системы управления на комплексе полунатурного моделирования. По результатам моделирования дистанция взлета составила 120 м вместо 130 м в обычном режиме.

Проведена отработка элементов комбинированной системы управления в составе Летящей лаборатории.

Результаты работ характеризуются высоким научно-техническим уровнем в части разработки, изготовления и испытаний аэродинамических моделей; полнотой и обоснованностью выбранных технических решений при разработке конструкторской документации, а также изготовления первого экземпляра Демонстратора. В масштабе 1:10 из стеклопластика создан масштабный макет целевого изделия для выставочных мероприятий.

Важнейшей задачей, которая решается в данном проекте, является экспериментальное подтверждение возможности создания ЛА, обеспечивающего транспортное снабжение войск и, в частности, групп специального назначения, выполняющих боевые задачи в условиях отсутствия подготовленных взлетнопосадочных площадок, а также ограниченности размеров неподготовленных площадок. Такие ЛА позволят организовать в прифронтовой полосе рассредоточенную трудноуничтожаемую транспортную сеть для трафика грузов, военной техники и раненых.



Рис. 105. Проект «Партизан»



Рис. 106. Изготовление Демонстратора

2. Разработка и испытание элементов систем авиационных поршневых двигателей (АПД) для легких самолетов акробатической категории

Работа выполняется для совершенствования систем авиационных поршневых двигателей (АПД), обеспечивающих их применение на легкомоторных самолетах акробатической категории в рамках государственной программы Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 303.

Для исследований двигателя выбран самолет Як-52, на который установлен разрабатываемый АПД (Рис. 107).

В ходе данной работы в 2023 году:

Произведена доработка и проектирование основных систем ЛЛ, обеспечивающих работу установленного двигателя АПД-А, в том числе выполнена разработка конструкторской документации на доработку планера и систем ЛЛ (моторамы, узла крепления двигателя к мотораме, капота, системы охлаждения двигателя, системы подачи воздуха).

По разработанной КД изготовлены детали и сборочные единицы для доработки ЛЛ и подготовлена летающая лаборатория на базе самолёта Як-52. ЛЛ оснащена СБИ с применением деталей и сборочных единиц.

Проведена подготовка к лётным испытаниям, в т.ч.: статические испытания моторамы ЛЛ, в результате которых установлено, что статическая прочность конструкции моторамы достаточна; разработка программ наземных и лётных испытаний.

Проведены наземные и летные испытания. Полученные в результате испытаний параметры двигателя (мощность, крутящий момент, расход топлива), его систем и агрегатов соответствуют заявленным в РЭ. По результатам испытаний могут быть определены дальнейшие пути доработки двигателя АПД-А-V2 и систем ЛА для безопасного применения в составе самолета.

Результаты летных испытаний в целом подтверждают результаты наземных испытаний двигателя по температурам, вибрациям, приемистости, дросселированию, и тяговым характеристикам винтомоторной группы.

Применение:

Результаты НИР предназначены для создания научно-технического задела, который должен обеспечить создание систем (смазки, наддува, топливпитания, охлаждения, управления и др.) для поршневых двигателей, позволяющих осуществлять их применение в условиях перевернутого полета и перегрузок до 9g в составе силовых установок самолетов акробатической категории, применяемых для высшего пилотажа в рамках спортивного или учебно-тренировочного применения.



Рис. 107. Як-52 в полете.



Рис. 108. Подготовка к измерению статической тяги СУ

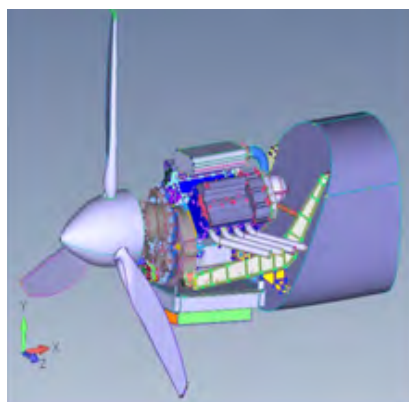


Рис. 109. Моторама в сборе

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ"
(предприятие госкорпорации «РОСАТОМ»)**

Цель: Создание научно-технических основ разработки комплекса технических и организационных мер по управлению запроектными авариями и снижению их последствий с точки зрения обеспечения водородной безопасности АЭС с ВВЭР.

Разработана и внедрена технология проведения испытаний серийных образцов рекомбинаторов по целому комплексу исследуемых характеристик и режимов взаимодействия рекомбинатора с окружающей средой (практик подобного уровня в мире не было).

Новизна: Впервые в Российской Федерации:

- верифицирован для задач водородной безопасности расчетный код CFD-класса;
- проведены комплексные испытания серийных образцов рекомбинаторов в условиях, характерных для запроектных аварий на АЭС с РУ типа ВВЭР, включая режимы, которые отсутствуют в зарубежных исследованиях;
- разработаны и верифицированы по полученным экспериментальным данным расчетные модели рекомбинаторов водорода типа РВК (российского производства) - впервые в мире для рекомбинаторов данного типа.

Работы направлены на исследование и экспериментальное обоснование характеристик рекомбинаторов водорода. Результаты работ были положительно оценены организацией научно-технической поддержки Ростехнадзора (ФБУ «НТЦ ЯРБ»). По итогам работ 2023 года выполнен расчетный анализ и обобщение результатов экспериментальных исследований АО «ВНИИАЭС», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина», ИБРАЭ РАН, НИЦ «Курчатовский институт»), проводимых в период с 2020 по 2023 годы.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ
(предприятие госкорпорации «Росатом»)**

**1. Экспериментальный образец модификации аппарата ТИАНОКС
с применением водорода**

В 2023 году создан не имеющий аналогов в мире экспериментальный образец модификации аппарата ТИАНОКС с применением водорода, который предназначен для производства и доставки водорода, оксида азота и их комбинации в дыхательный контур пациента, а также в контур ИК и ЭКМО с постоянным мониторингом концентрации H₂, NO и NO₂ в подаваемой смеси. В процессе работы

впервые в клинических условиях проведены экспериментальные исследования влияния комбинированной терапии оксидом азота и водородом на человека, продемонстрирована клиническая эффективность и безопасность созданного экспериментального образца.

Впервые у пациентов с бронхолегочными проявлениями постковидного синдрома получено экспериментальное подтверждение уменьшения выраженности клинических симптомов, повышения толерантности к физическим нагрузкам, повышения показателей качества жизни, улучшения параметров газового состава артериальной крови, снижения показателей окислительного стресса и систолического давления в легочной артерии, повышения легочных функциональных объемов при добавлении комбинированной ингаляционной терапии оксидом азота и водородом к стандартному лечению.

В результате исследования впервые в мире подтверждено, что с помощью интраоперационной доставки газообразного оксида азота, молекулярного водорода и их комбинации в экстракорпоральный контур могут быть улучшены результаты хирургического лечения больных кардиохирургического профиля. Данная технология обеспечивает высокий уровень органопротекции при длительном искусственном кровообращении, снижает частоту послеоперационных осложнений, время искусственной вентиляции лёгких, длительность пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии.

Достигнутые результаты позволяют расширить возможности оказания медицинской помощи и повысить качество жизни пациентов.

Авторы: Буранов С.Н., Валуева Ю.В., Селемир В.Д., Ширшин А.С.

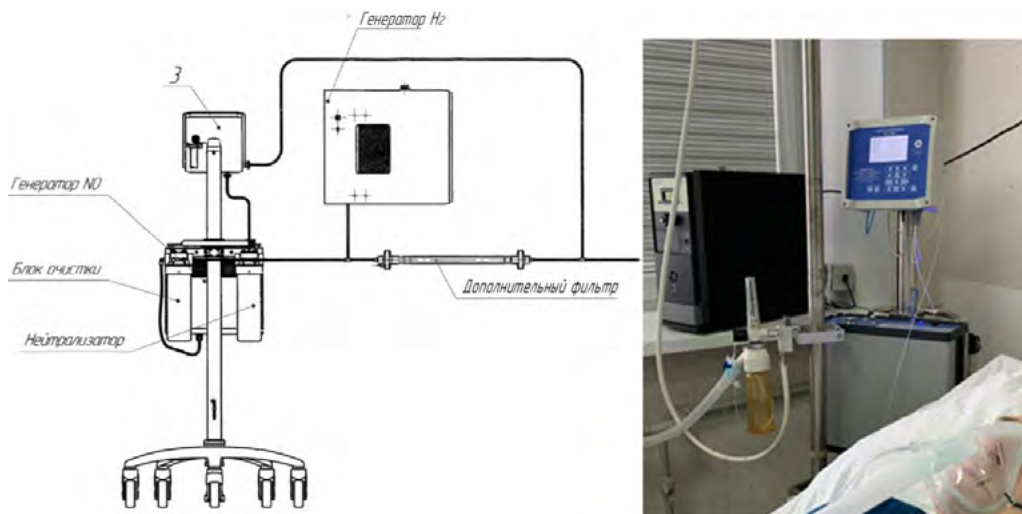


Рис. 110. Экспериментальный образец модификации аппарата ТИАНОКС с применением водорода

2. Моделирование воздействия сильной магнитной бури на Объединенную энергетическую систему Центра России

Смоделировано воздействие сильной магнитной бури на Объединенную электроэнергетическую систему Центра России (Рис. 111).

В Российском Федеральном ядерном центре «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» (РФЯЦ – ВНИИЭФ) совместно с Тольяттинским государственным университетом смоделировано воздействие сильной магнитной бури на Объединенную электроэнергетическую систему (ОЭС) Центра России. Ввиду отсутствия отечественной нормативной базы в качестве исходных данных использована образцовая вариация геоэлектрического поля из американского стандарта надежности.

В результате моделирования установлено, что воздействие магнитной бури на трансформаторы вызывает значительный рост потребления ими реактивной мощности. Суммарная потеря реактивной мощности в силовых трансформаторах ОЭС Центра России из-за воздействия геоиндуцированного тока составляет 20 % от ее суммарной генерации. Можно ожидать ложное срабатывание релейной защиты на некоторых линиях электропередачи. Расчеты нагрева стяжной пластины у наиболее подверженных воздействию бури трансформаторов указывают на возможность отключения их от электросети или выхода из строя.

Результаты работы показали, что в отличие от электромеханического реле, воздействие геоиндуцированного тока на современное микропроцессорное устройство не приводит к срабатыванию реализованных в нем защит, в том числе токовой направленной защиты нулевой последовательности тока, по причине блокировки прохождения ГИТ через вторичные измерительные трансформаторы устройства.

Публикации:

Тренькин А.А. и др. Исследования воздействия сильной магнитной бури на Объединенную энергетическую систему Центра России // Доклады РАН. Физика, технические науки, 2023, т.508, с. 64–67.

Тренькин А.А. и др. Моделирование воздействия сильной магнитной бури на Объединенную энергетическую систему Центра России // Электричество, 2023, №2, с. 37–49.

Тренькин А.А. и др. Особенности работы электромеханических и микропроцессорных устройств релейной защиты в условиях воздействия на электрическую сеть геоиндуцированного тока, зарегистрированного в период магнитной бури, (материал отправлен для опубликования в ЖТФ).

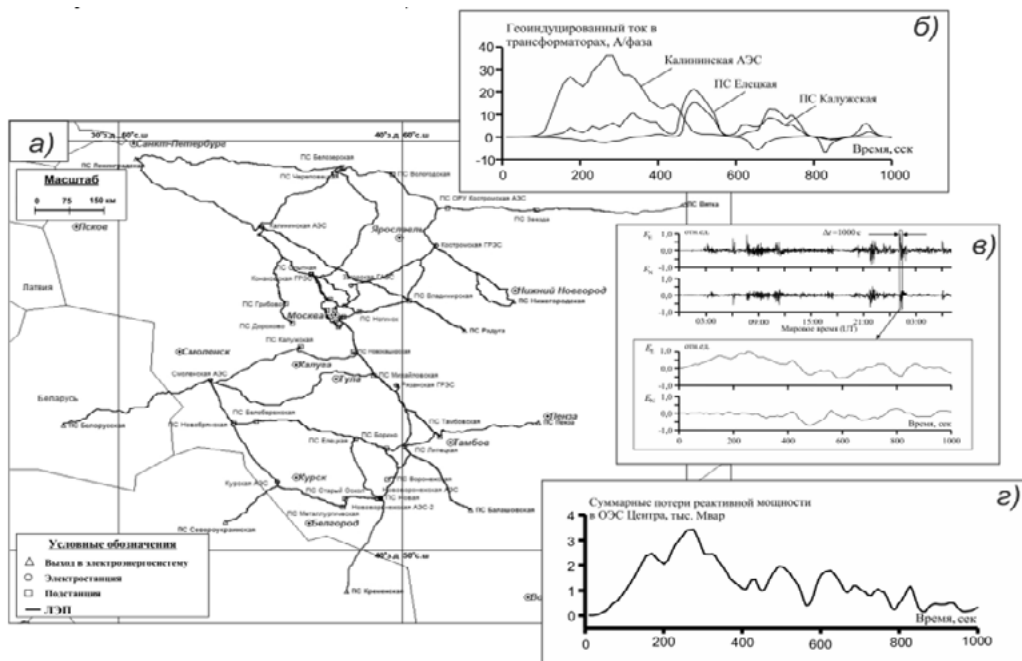


Рис. 111. Расположение объектов модели (а); характерные сигналы геондуцированного тока в трансформаторах (б), вид образцовой вариации геоэлектрического поля (в), суммарная потеря реактивной мощности в энергосистеме (г)

3. Визуализация космических объектов, находящихся в тени Земли, в среднем инфракрасном диапазоне

Наблюдение низкоорбитальных космических объектов (КО), находящихся в тени Земли (т.е. неподсвеченных Солнцем), расширяет временной диапазон наблюдения за КО и таким образом, повышает эффективность системы контроля космического пространства.

Впервые в РФЯЦ - ВНИИЭФ проведена пассивная регистрация низкоорбитальных КО, находящихся в тени Земли, по их собственному тепловому излучению. Для визуализации КО, находящихся в тени Земли, применялась отечественная тепловизионная камера АВ-MW-640-InSb-I (производитель АО «НПО «Орион») со спектральной чувствительностью от 3 до 5 мкм. В тепловизионную камеру встроены вычислительный модуль разработки ВНИИЭФ, который осуществляет математическую обработку видеоизображений в реальном времени. За счет встроенной обработки изображения шумы регистрации уменьшены в 35 раз. Это позволило на телескопе диаметром 300 мм при времени накопления 0,2 с обнаруживать КО с температурой ~ минус 40°С в тени Земли. Отношение сигнал/шум во время регистрации изменялось от 30 до 2.

Авторы: Бобков А.А., Гаранин С.Г., Жуков И.В., Зыков Л.И., Климов А.Н., Лебедев В.А., Копалкин А.В., Рогозин А.А., Смышляев С.П., Сюндюков А.Ю.

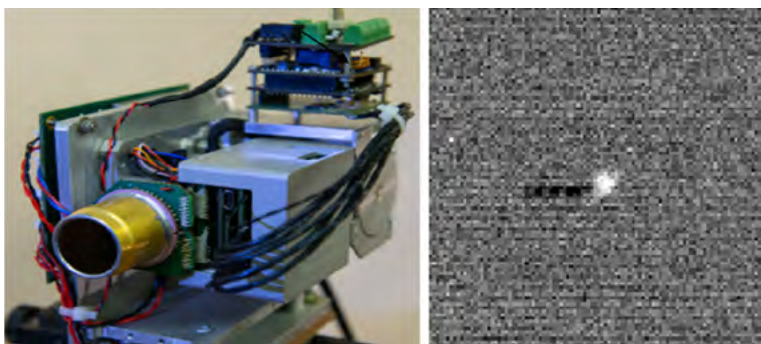


Рис. 112. а) Внешний вид тепловизионной камеры с вычислительным модулем, б) Типичный снимок регистрации КО, находящегося в тени Земли

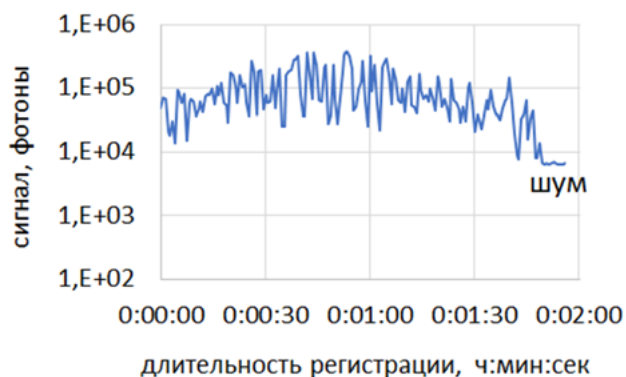


Рис. 113. Сигнал от КО в тени Земли

4. Программная платформа и технология комплексного суперкомпьютерного моделирования и инженерного анализа на базе отечественного пакета программ «Логос»

На базе отечественного пакета программ «Логос» создана программная платформа и технология комплексного суперкомпьютерного моделирования и инженерного анализа для решения задач авиастроения, судостроения, обычных вооружений и других отраслей ОПК.

Создание платформы решило важную научно-техническую задачу по интеграции в единую программную среду «Логос» отечественных разработок различных организаций, что дало возможность комплексного моделирования высокотехнологичных изделий ОПК с учетом полного спектра необходимых физических процессов. Решение данной задачи является важным звеном обеспечения технологической независимости Российской Федерации.

В 2023 году в рамках реализации постановления Правительства Российской Федерации № 707 с использованием платформы «Логос» завершен ряд проектов по созданию суперкомпьютерных двойников изделий ВВСТ, таких как: элементы

и системы многоцелевых АПЛ и специальных ГТС (АО «СПМБМ «Малахит»), комплексный огневой стенд для подтверждения эффективности средств пожарной защиты летательных аппаратов (ПАО «ОАК»), модульный удлиненный заряд разминирования (АО «НПК «Техмаш»), ракеты с подводным пуском (АО «ГНПП «Регион») и других.

В качестве одного из ярких результатов можно отметить работы по созданию комплексного «виртуального» огневого стенда системы пожаротушения, который прошел валидацию на стенде для ЛА 5-го поколения. Получено положительное заключение ЛИИ им. М.М. Громова о пожаробезопасности только на базе математического моделирования. Разработанный цифровой двойник применяется в интересах обеспечения и сокращения государственных сертификационных испытаний изделия С-70 по отдельным направлениям.

Создание и внедрение отечественных технологий компьютерных испытаний (для различных видов экспериментальной отработки изделий ОПК) обеспечит качественно новые ТТХ изделий, а также значительно сократит сроки проектирования и постановки на вооружение. Актуальность полномасштабного внедрения технологий компьютерных испытаний поддержана рядом генеральных конструкторов изделий ВВСТ, в первую очередь по направлениям создания изделий авиационного, судостроения и ракетно-космической техники.

Организации разработчики: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» совместно с АО «СПМБМ «Малахит», ПАО «ОАК», АО «НПК «Техмаш», АО «ГНПП «Регион».

ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ НОВЫХ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЗА 2023 г.

В 2023 году впервые представлены наиболее значимые научные результаты научных и образовательных организаций Донецкой и Луганской народных республик Российской Федерации.

Основная часть результатов носит прикладной характер. Некоторые наиболее важные результаты приводятся ниже.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ДОНЕЦКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. А.А. ГАЛКИНА», Г. ДОНЕЦК, ДНР

1. Разработана технология получения микропроволоки из медицинского титана диаметром от 40 микрон и выше для производства сетчатых имплантатов и нитей (Рис. 114). В основе технологии лежит комбинация деформационных методов экструзии и волочения с термообработкой и финальной очисткой поверхности химическим травлением. Основными преимуществами получаемой микропроволоки являются коррозионная стойкость в агрессивных средах и максимальная совместимость с живыми тканями. Изделия, изготовленные из сверхтонкой титановой нити эластичны благодаря «трикотажному» плетению, хорошо интегрируются в мягкие ткани, выполняют каркасную и барьерную функции.



Рис. 114.

2. Разработана технология получения цельнокерамических заготовок на основе нанопорошков диоксида циркония для цифровой стоматологии. Получаемые материалы идентичны мировым медицинским брендам, производственные мощности которых находятся в Германии, Швеции и Японии. Весь цикл изготовления заготовок расположен в лаборатории Донецкого физико-технического института им. А.А. Галкина (ДОНФТИ), и к настоящему моменту возможно мелкосерийное производство заготовок. Преимуществами получаемых материалов являются низкая себестоимость изготовления, возможность автоматизации производства и высокая конкурентная способность на рынках стран СНГ. Технологические возможности лаборатории института позволяют изготавливать керамические заготовки в виде дисков и блоков для CAD/CAM систем (Рис. 115) старого и нового поколений (цифровая стоматология).

Керамические заготовки для цифровой стоматологии

- ✓ Разработана технология получения цельнокерамических заготовок на основе нанопорошков диоксида циркония для стоматологического протезирования по технологии CAD/CAM (цифровая стоматология).
- ✓ Весь цикл производства заготовок расположен **в лаборатории ДОНФТИ**, и к настоящему моменту возможно мелкосерийное производство заготовок.






Преимущества: Низкая себестоимость, полная идентичность мировым стоматологическим брендам.

Область применения: стоматологическая ортопедия, челюстно-лицевая хирургия.

Стадия разработки: готовность к коммерческому производству.

Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина 

Рис. 115.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ
И УГЛЕХИМИИ им. Л.М. ЛИТВИНЕНКО», Г. ДОНЕЦК, ДНР**

Разработана новая каталитическая система C(sp²)-C(sp³) кросс-электрофильного сочетания (Рис. 116). Каталитическая система проста в обращении, нечувствительна к кислороду воздуха и не включает радикальных стадий.

Это дало возможность *in situ* детектирования интермедиатов реакции с помощью ¹H-, ¹³C- и ¹⁹⁵Pt-ЯМР спектроскопии и рентгеновской абсорбционной спектроскопии Pt L₃-края, что позволило определить природу промежуточных соединений и тем самым пролить свет на механизм каталитической реакции.

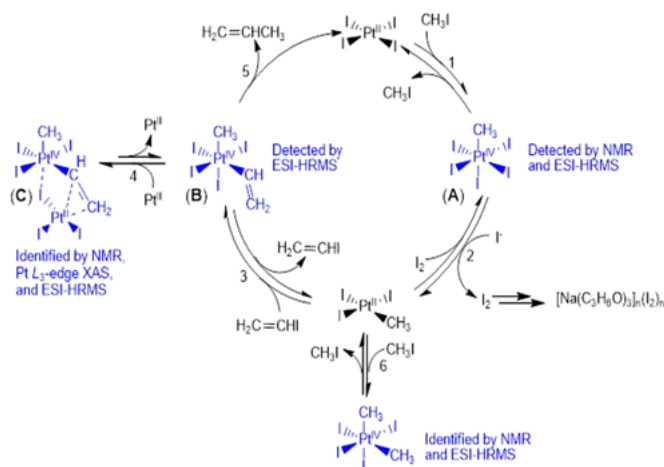


Рис. 116. Новая каталитическая система C(sp²)-C(sp³) кросс-электрофильного сочетания

**ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ, г. ЛУГАНСК, ЛНР**

Разработаны основы системы дистанционного управления роботизированной рукой при помощи механической перчатке (Рис. 117).

Разработанный алгоритм позволяет считывать с перчатки Niwonder Wireless Glove положение пальцев оператора и по протоколу беспроводной передачи данных Bluetooth передавать полученные данные на роботизированную руку uHand2.0: Niwonder. Благодаря квантованию данных появляется возможность определить любое количество возможных положений, что существенно упрощает управление робо-рукой. А платформа на базе микроконтроллера Arduino UNO открывает широкие возможности для дальнейшей разработки и усовершенствования устройства.

Передача при помощи Bluetooth-модулей обеспечивает дальность управления до 40 метров и скорость передачи данных до 1 Мбит/сек.



Рис. 117. Дистанционное управление роботизированной рукой при помощи механической перчатки

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ДОНЕЦКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД», г. ДОНЕЦК, ДНР**

Проведено комплексное изучение автохтонной биоты Донбасса и Северного Приазовья и динамики инвазионного процесса. Флористический список дополнен 11 новыми аборигенными, 7 чужеродными видами растений (Рис. 118). На сегодняшний день флора Донбасса насчитывает 2317 видов, при этом адвентивная фракция составляет более 22 %.

Впервые выявлено 15 опасных чужеродных видов беспозвоночных животных, из которых 3 являются карантинными объектами, внесенными в единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза, 2-потенциальные вредители запасов, 11-представляют угрозу древесным насаждениям, 1-растениям закрытого грунта. Отмечена высокая скорость изменений в составе и структуре адвентивного компонента местной флоры и фауны, поэтому необходимо продолжить мониторинговые исследования.



Рис. 118. Чужеродные виды насекомых, проявляющие в последнее время потенциальную угрозу трансформации природных фитоценозов Донбасса: 1 – клоп дубовая кружевница (карантинный вид); 2 – коричнево-мраморный клоп (карантинный вид); 3 – айлант высочайший

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ГОРНЫХ ПРОЦЕССОВ»,
г. ДОНЕЦК, ДНР**

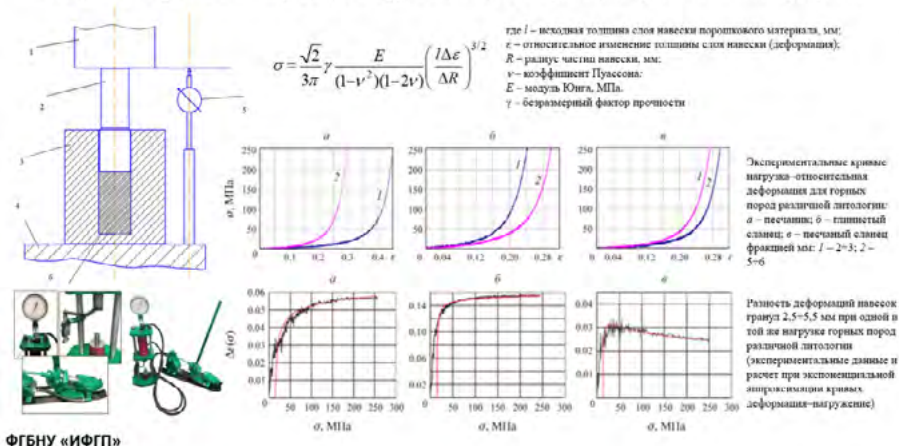
Разработан метод определения прочности хрупких материалов на основе двух фракционных моделей с переменным радиусом фракции, для образцов произвольной формы для решения проблем проявления сложно-прогнозируемого воздействия горного давления на устойчивость выработок, таких как горные удары и вывалообразования (Рис.119).

Создана мобильная установка по определению прочности на основе одноосного сжатия диспергированных материалов, состоящая из 1 – штока пресса; 2 – штока камеры; 3 – камера; 4 – установочная плита; 5 – индикатор часового типа; 6 – образец.

Суть разработанного метода состоит в том, что прочность исследуемого материала определяется по той точке зависимости разности деформаций гранул разного размера от нагружения, где эта разность становится линейной, а в большинстве случаев практически постоянной. Для этого выполняется линейная аппроксимация заключительного участка экспериментальной кривой $\Delta\epsilon(\sigma)$ (в описываемых условиях эксперимента это означает нагружение, превышающее 100 МПа). Величиной предела прочности считается точка экспериментальной кривой, начиная с которой его отклонение от аппроксимирующей прямой становится меньше 5%.

Получен патент на изобретение № RU 2790335 С1 «Способ определения прочности угольного вещества».

Метод определения прочности хрупких материалов на основе двух фракционной модели с переменным радиусом фракции, для образцов произвольной формы



ФГБНУ «ИФПП»

Рис. 119.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«РЕСПУБЛИКАНСКИЙ АКАДЕМИЧЕСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ
ИНСТИТУТ ГОРНОЙ ГЕОЛОГИИ, ГЕОМЕХАНИКИ,
ГЕОФИЗИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА»,
г. ДОНЕЦК, ДНР**

1. Разработан подход, позволяющий по данным газоносности и радонметрии выделять области аномальных скоплений метана, базирующийся на установленных закономерностях связи содержания радона подпочвенном слое с многопластовыми положительными аномалиями метанонности. Указанные результаты представляются исключительно важными с точки зрения обеспечения безопасной и эффективной разработки угольных месторождений параллельно с сопутствующей добычей метана.

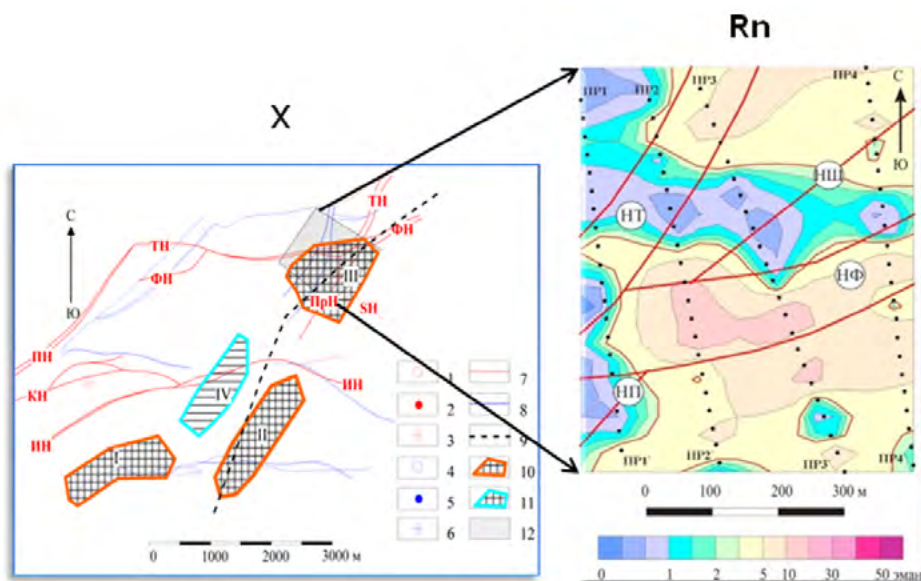


Рис. 120. Разработки угольных месторождений параллельно с сопутствующей добычей метана: поле шахты «Калиновская-Восточная» с аномалиями содержания радона (Rn) и газоносности угольных пластов (X)

2. На основе разработанных моделей трансформации напряженно-деформированного состояния многократно подработанных обводненных массивов горных пород и с помощью разработанной нейронной сети построены карты рисков провалообразования над старыми горными выработками ряда угольных шахт в геoinформационной системе *Google Earth*. Результаты исследований

позволяют осуществлять прогноз провалообразования во времени, обеспечивают безопасность жизнедеятельности и повышают кадастровую стоимость рекультивированных земель.



Рис. 121. Поля шахт «Ростовская» и «Иловайская» с зонами провалообразования

ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ В ПАО «СБЕРБАНК»

1. GigaChat — большая языковая модель от Сбера, которая работает на русском языке.

Сущность: Разработана серия больших языковых моделей, положенных в основу сервисов генеративного искусственного интеллекта (ИИ) GigaChat и GigaCode. В ходе исследования были разработаны новые методы сбора, генерации и обработки данных для обучения (включая создание текстовых и мультимодальных корпусов на русском языке); исследовались подходы к доменному дообучению, методы оптимизации и повышения эффективности обучения (основанные на курсовом обучении [curriculum learning], моделировании цепочек рассуждений [chain of thoughts], оптимизации дочерних подсетей [child-tuning], обучении с подкреплением с обратной связью от пользователя [reinforcement learning from human feedback], методе смеси экспертов [mixture-of-experts], методах интерактивного ИИ), методы оптимизации конвейера исследовательских экспериментов (основанные на последовательном масштабировании нейросетевых трансформерных моделей и специализированных прокси-метриках), методы увеличения длины обрабатываемых трансформерными моделями последовательностей, методы создания ИИ-агентов, методы оптимальной токенизации текстовых последовательностей, а также методы обработки мультимодальных данных в трансформерных моделях.

Лучшие из созданных моделей превосходят модель GPT-3.5, лежащую в основе сервиса ChatGPT, по метрике MMLU и в экспериментах по прямому сравнению [side-by-side] результатов генерации. В ряде прикладных задач по значению специализированных метрик также удалось превзойти результаты модели GPT-4.

Модель ruGPT-3.5 с 13 млрд параметров выложена в открытый доступ. Все модели доступны для дообучения и интеграции в продукты и сервисы. Конечное решение представлено в виде общедоступного web-интерфейса, навыка виртуальных ассистентов семейства «Салют», а также в виде API для широкого круга пользователей.

Новизна: GigaChat стал первой в мире системой генеративного ИИ, паритетной по качеству с системой ChatGPT при работе с русским языком. При этом GigaChat учитывает в процессе работы культурно-исторический контекст. Также GigaChat стал первым мультимодальным сервисом генеративного ИИ (за счёт включения в его состав генеративной нейросети Kandinsky для генерации изображений по текстовым запросам).

Значимость: Были разработаны недостающие в Российской Федерации технологии создания моделей на основе генеративных предобученных трансформеров (Generative Pretrained Transformers, GPT), что позволило повысить технологический суверенитет страны в области генеративного ИИ и больших языковых моделей.

Прогноз применения: Разработка открывает возможности для решения как академических, так и прикладных задач широкого спектра, ускоряющих внедрение технологий ИИ и интенсифицирующих процесс получения новых результатов. Разработанные подходы и решения могут быть применены в разных областях,

в задачах прикладного и теоретического характера. Публикация одной части моделей в открытом доступе повышает доступность исследований в области сильного ИИ для специалистов как в Российской Федерации, так и во всём мире.

Ответственный исполнитель: С.С. Марков

Исполнители: Ф.А. Минькин, Г.А. Лелейтнер, Н.М. Савушкин, В.А. Терновский, А.С. Феногенова, Д.А. Змитрович, Д.В. Димитров, А.В. Кузнецов.

2.Kandinsky – нейросеть для генерации изображений и видео по текстовым запросам

Сущность: Сбер разработал три семейства моделей для генерации изображений по тексту. Это авторегрессионные трансформерные модели *ruDALL-E Malevich* и *ruDALL-E Kandinsky* или *Kandinsky 1.0* (семейство 1, декодеры трансформера), диффузионные модели *Kandinsky 2.0, 2.1* и *2.2* (семейство 2, латентная диффузия с *image prior*-блоком, см. Рис.122) и диффузионные модели *Kandinsky 3.0* и *3.1* (семейство 3, латентная диффузия). Впервые в России разработано семейство моделей *Kandinsky Video(1.0* и *1.1)* для генерации полноценных видео по тексту (Рис.123).

При создании моделей *Kandinsky* были реализованы и исследованы новые подходы, улучшающие качество генерируемых изображений и видео, в том числе с учётом культурно-исторического контекста. Помимо генерации изображений по тексту модели *Kandinsky* реализуют возможности редактирования изображений (дорисовывание, исправление и т.д.) и инструктивной генерации изображений (смешивание, стилизация, замена объектов и т.д.).

Сбер собрал собственные, уникальные датасеты пар «текст-изображение» (1,5 млрд) и «текст-видео» (10 млн). Были разработаны новые подходы к генерации изображений и видео по тексту. Исследованы авторегрессионные, трансформерные и диффузионные архитектуры. Реализованы инструменты улучшения понимания текста. Исследовано влияние размера и архитектуры искусственных нейросетей на качество генерируемых изображений. Научные результаты проекта опубликованы в серии научных и научно-популярных публикаций.

На основе моделей реализованы программные продукты: платформа *fusionbrain.ai*, Telegram- и VK-боты, сайт *rudalle.ru*; также модель доступна в сервисе *GigaChat*, в мобильном приложении *СберБанк Онлайн* и на умных устройствах *Sber* по голосовой команде «Запусти художника». Все разработанные модели также размещены в открытом доступе: *Kandinsky 1.0, Kandinsky 2.X, Kandinsky 3.X, Kandinsky Video 1.X*.

По результатам слепого *side-by-side* тестирования последняя версия *Kandinsky 3.1* превосходит модели *Midjourney (v5, v6)*, *DALL-E 3*, *Stable Diffusion (XL, 3)* и *Ya-Art* в ряде применений как по качеству понимания текста, так и по визуальному качеству.

Новизна: Разработано семейство моделей, позволяющих генерировать высокореалистичные изображения и видео в разных изобразительных стилях и понимающих русский язык лучше международных аналогов (на основе слепого *side-by-side* сравнения).

Значимость: Разработаны уникальные для России технологии по созданию мультимодальных нейронных сетей для генерации изображений и видео по тексту (как на основе трансформерных архитектур, так и на основе принципа диффузии), что позволило повысить технологический суверенитет страны в области генеративного ИИ.

Прогноз применения: Разработанные решения имеют применения в разных областях: дизайн (в том числе промышленный), персонализированная реклама, создание моделей генерации 3D по тексту и т. д. Социально значимым применением Kandinsky стал проект по возрождению картин, пропавших из Воронежского областного художественного музея во время Великой Отечественной войны. Модели Kandinsky доступны по API, а также находятся в открытом доступе для специалистов из России и по всему миру (<https://www.sberbank.com/promo/aiart/scene?id=2>).

Ответственный исполнитель: Димитров Д.В.

Исполнители: Кузнецов А.В., Архипкин В.С., Шахматов А.Д.Ю., Шахин З., Филатов А.В., Павлов И.В., Разжигаяев А.И.

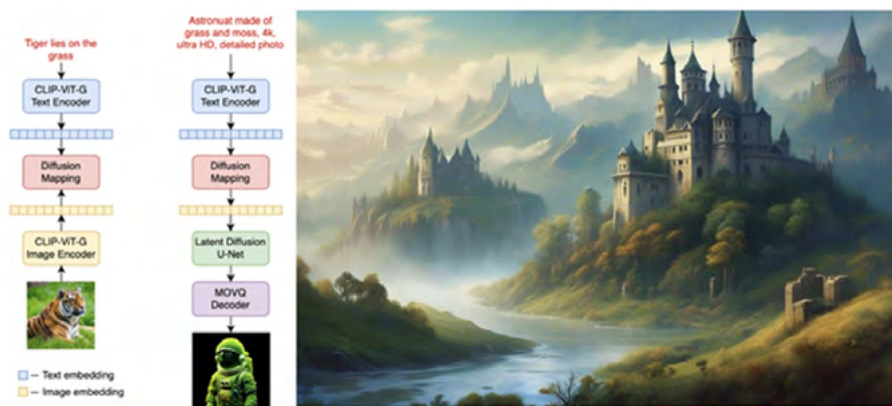


Рис.122. Общая архитектура моделей Kandinsky 2.X и пример генерации высокореалистичного изображения. «Конвейер» генерации изображения по тексту упрощенно состоит из кодировщика текста, модуля image prior (или diffusion mapping), переводящего текстовые представления в визуальные, модуля латентной условной диффузии, а также декодера изображений

3. Модели прогнозирования климатических рисков для финансового сектора

Сущность: Центр искусственного интеллекта Сколтех по заказу ПАО "Сбербанк" выполнил исследования, посвященные анализу физических рисков стихийных бедствий, характер и интенсивность которых связаны с климатическими изменениями (так называемые ESG-риски), и финансово-экономической оценке их последствий. К примерам таких стихийных бедствий относятся, например, разрушения зданий в связи с таянием вечной мерзлоты в арктической зоне Российской Федерации и др. Ранее влияние климатических сценариев на реализацию ESG-рисков и связанных с ними финансово-экономических потерь исследовались только на макроэкономическом уровне.

В рамках проекта были выполнены следующие работы:

- проведена каталогизация основных физических рисков, которые влияют на финансовые показатели компаний и регионов России и могут быть спрогнозированы методами ИИ на основе открытых данных и климатических моделей (рис. 123);
- построены прогностические модели, которые позволяют оценить вероятность возникновения экстремального климатического события, включая наводнение, осадки (засухи), конвективные явления (штормовой ветер), град и модуль оценки скорости и степени таяния многолетней мерзлоты;
- построены модели, позволяющие оценивать реальный ущерб (корпоративные, финансовые и кредитные риски) от возникновения экстремального климатического события.

Новизна: Впервые выполнены разработки ИИ-методов оценки вероятности реализации некоторых климатических и физических рисков для локальных территорий (пространственное разрешение построенных моделей – «клетки» 27 x 27 км).

Значимость: Созданы недостающие в Российской Федерации технологии по прогнозированию климатических изменений и их влияния на различные секторы экономики. Разработана методология создания прогностических моделей для оценки физических и финансовых рисков, создаваемых климатическими изменениями, с использованием которой могут быть расширены классы рассматриваемых стихийных бедствий и классы активов, для которых значимы последствия таких экстремальных климатических событий.

Прогноз применения: Все модели реализованы в виде программных продуктов, результаты которых могут быть использованы различными компаниями. Модели внедрены в деятельность ПАО "Сбербанк".

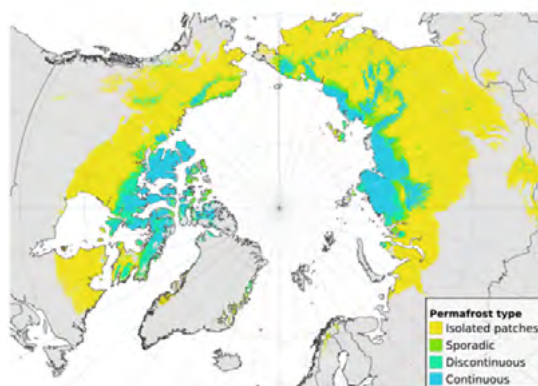


Рис.123. Результаты прогноза моделей зон таяния мерзлоты к 2050-му году по климатическому сценарию СМIP6

Ответственный исполнитель: Бурнаев Е.В.

Исполнители: Лазаричев Н.А., Лукашевич А.Л., Сотириади Н.С., Ковалев К.А., Нарожная В.С.

Организации исполнители: Сколковский институт науки и технологий (Сколтех), ПАО Сбербанк, Институт географии РАН

Публикации:

Popandopulo, G.; Illarionova, S.; Shadrin, D.; Evteeva, K.; Sotiriadi, N.; Burnaev, E. (2023) Flood Extent and Volume Estimation Using Remote Sensing Data. *Remote Sens.*, 15, 4463 (Q1, IF 4,8)

Pilyugina, P., Chernikov, T., Zaytsev, A., Bulkin, A., Burnaev, E., Belalov, I., ... & Anisimov, O. (2023). Assessing the Risk of Permafrost Degradation with Physics-Informed Machine Learning. *arXiv preprint arXiv:2310.02525*.

Shevchenko V, Lukashevich A, Taniushkina D, Bulkin A, ... Maximov Y. (2024) Climate Change Impact on Agricultural Land Suitability: An Interpretable Machine Learning-Based Eurasia Case Study. *IEEE Access*. Vol.12 PP15748 – 15763 (Q1, IF 3,9)

ДОКЛАД
О ВАЖНЕЙШИХ
НАУЧНЫХ ДОСТИЖЕНИЯХ
РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ
В 2023 ГОДУ

Том II

Формат 70x100 1/16
Гарнитура Times
Усл.-п. л. 26,98. Уч.-изд. л. 20,5
Тираж 200 экз.

Издатель – Российская академия наук

Верстка и печать – УНИД РАН
Отпечатано в экспериментальной цифровой типографии РАН

Распространяется бесплатно