

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**СОГЛАСОВАН**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Заместитель Министра

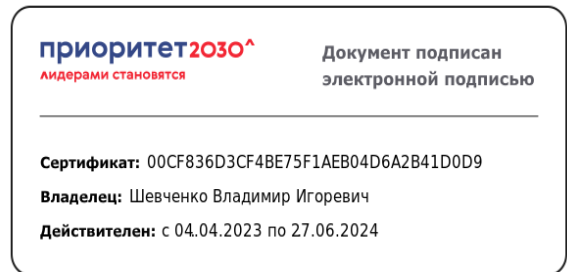
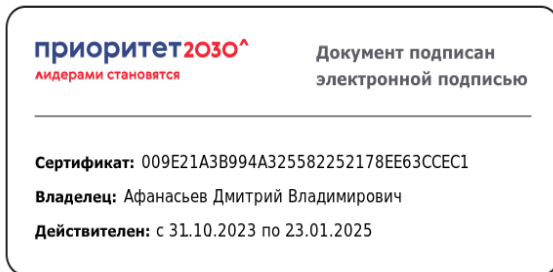
\_\_\_\_\_/Д.В. Афанасьев/  
(подпись) (расшифровка)

**УТВЕРЖДЕН**

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Национальный  
исследовательский ядерный университет  
«МИФИ»

и.о. ректора

\_\_\_\_\_/В.И. Шевченко/  
(подпись) (расшифровка)



**ЕЖЕГОДНЫЙ ОТЧЕТ**  
о результатах реализации программы развития университета  
в рамках реализации программы стратегического академического лидерства  
«Приоритет-2030» в 2022 году

*Ежегодный отчет о результатах реализации программы развития университета в рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» рассмотрен и одобрен на заседании ученого совета НИЯУ МИФИ от «07» февраля 2023 года.*

Москва, 2023

## **Введение**

Настоящий отчет подготовлен в соответствии с пунктом 4.3.6. соглашения о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий в соответствии с пунктом 4 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации № 075-15-2021-1305 от «30» сентября 2021 г. между Министерством образования и науки Российской Федерации и Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», отобранным по результатам конкурсного отбора образовательных организаций высшего образования для оказания поддержки программ развития образовательных организаций высшего образования в рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030», в соответствии с Протоколом №1 от 26.09.2021 г. заседания Комиссии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по проведению отбора образовательных организаций высшего образования в целях участия в программе стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

В отчете представлены результаты, достигнутые федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» за 2022 год.

## Содержание

Введение	2
Содержание	3
Достигнутые результаты за отчетный период по каждой политике университета по основным направлениям деятельности	4
Образовательная политика	4
Научно-исследовательская политика	8
Политика в области инноваций и коммерциализации разработок	10
Молодежная политика	12
Политика управления человеческим капиталом	15
Кампусная и инфраструктурная политика	17
Система управления университетом	19
Финансовая модель университета	21
Политика в области цифровой трансформации	22
Политика в области открытых данных	25
Дополнительные направления развития	27
Достигнутые результаты при реализации стратегических проектов	28
Стратегический проект «Релятивистская квантовая инженерия»	28
Стратегический проект «Ядерные энерготехнологии нового поколения и экстремальные состояния вещества»	31
Стратегический проект «Синхротронные, нейтронные, ускорительные и наноразмерные технологии для медицины, биологии и экологии»	35
Стратегический проект «Радиофотоника и квантовая сенсорика»	38
Стратегический проект «Кибербезопасность интеллектуальных систем и критических информационных инфраструктур»	40
Достигнутые результаты при построении межинституционального сетевого взаимодействия и кооперации	43
Достигнутые результаты при реализации проекта «Цифровая кафедра»	50

## **Достиженные результаты за отчетный период по каждой политике университета по основным направлениям деятельности**

### **Образовательная политика**

В рамках образовательной политики Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (далее – НИЯУ МИФИ, Университет) реализованы проекты, направленные на создание механизмов постоянного обновления содержания профессиональных компетенций на основе нового научного знания, усиление фундаментальности образования, модернизацию базовой, в том числе гуманитарной, подготовки инженеров.

В 2022 году стартовали междисциплинарные образовательные гранты по направлениям «Экстремальное программирование» и «Квантовый инжиниринг». Их целью является подготовка кадров для перспективных направлений, апробация и тиражирование новых образовательных форматов, при реализации которых используются высокие технологии, обеспечивается оперативный трансфер новых научных знаний в содержание образовательных программ.

Продолжена работа по глубокой модернизации образовательных программ. Разработана и внедрена новая модель гуманитарной подготовки студентов. Проведено социологическое исследование потенциала гуманитарного и междисциплинарного модулей в развитии академической среды Университета, разработана концепция развития гуманитарной подготовки в Университете, для реализации которой создан Институт фундаментальных проблем социогуманитарных наук, включающий кафедры гуманитарного профиля, междисциплинарные исследовательские лаборатории и экспертные центры. В июле 2022 года в Санкт-Петербурге институтом проведена Летняя междисциплинарная школа для молодых исследователей «На стыке наук» по направлениям: этика науки, наука и искусство, наука и общество (STS), экономика атомной отрасли.

Разработаны, апробированы и внедрены в образовательную систему НИЯУ МИФИ уникальные форматы преподавания инженерных дисциплин и методики организации проектной работы студентов. Создана и внедрена система проектных

практик и прикладных инженерных модулей для персонификации инженерной подготовки, раскрытия инженерного и исследовательского потенциала студентов. Система строится на обучении внутри проектной и исследовательской деятельности совместно с академическими и индустриальными партнерами и ориентирована на многоуровневую непрерывную подготовку инженеров, способных осуществлять технологические инновации, создавать и использовать в своей деятельности современные цифровые и технологические решения. В рамках цифровых, инженерных и исследовательских проектных практик в 2022 году реализовано более 200 уникальных проектов. Для поддержки проектной деятельности и практико-ориентированной подготовки продолжено развитие «Центра инженерного творчества и проектной работы студентов» (ЦИТ). С 2022 года ЦИТ НИЯУ МИФИ – это федеральная инновационная площадка по направлению «Проектная практика как ключевой фактор индивидуализации в инженерном образовании».

В рамках мероприятий по формированию цифровых аналогов профильных образовательных модулей (Minor) НИЯУ МИФИ разработаны и внедрены в образовательный процесс 21 онлайн-курс и образовательные модули в VR/AR. Все онлайн-курсы размещены на национальной платформе «Открытое образование» (openedu.ru). На текущий момент по общему числу онлайн-курсов на openedu.ru НИЯУ МИФИ занимает 3 место (более 150 онлайн-курсов, более 350 тыс. слушателей). Партнерская сеть НИЯУ МИФИ в области онлайн-образования включает 35 высокотехнологичных предприятий и научных организаций, в том числе предприятия ГК «Росатом», ОИЯИ, институты Российской академии наук и 17 университетов. В 2022 году Университет стал федеральной инновационной площадкой по направлению «Повышение качества и востребованности российского образования за счет интеграции в образовательные программы онлайн-курсов от ведущих специалистов мирового уровня и работодателей, использования образовательных онлайн ресурсов университетских образовательных партнерств и сетей».

С 2022 года сетевое взаимодействие между вузами реализуется также в виде специализированной программы академической мобильности «ДВИЖ» в рамках соглашения об академической мобильности между НИЯУ МИФИ, ВАВТ Минэкономразвития России, РАНХиГС, РУДН и ИТМО.

Для достижения целей образовательной политики реализован ряд мероприятий, направленных на привлечение в Университет целевых групп абитуриентов, обладающих компетенциями, необходимыми для профессионального обучения и карьерного роста в рамках стратегических направлений развития российской науки и техники – для учащихся инженерных, академических и IT-классов проведены вебинары, стримы, экскурсии, предпрофессиональные экзамены, профильные проектные школы и интенсивы. Впервые проведен «Конкурс уникальных достижений абитуриентов», который предполагает поиск и привлечение наиболее талантливых абитуриентов, которые не могут поступить в НИЯУ МИФИ через процедуру ЕГЭ или БВИ. В 2022 году так был отобран 1 человек – победителем конкурса стал абитуриент с собственным разработанным мобильным Gerrit-клиентом.

На базе Предуниверситария НИЯУ МИФИ внедрена новая модель предпрофессионального образования, ориентированная на формирование выпускника, имеющего глубокую физико-математическую подготовку, углубленную инженерную предпрофессиональную подготовку, широкий спектр IT-компетенций, междисциплинарные знания в гуманитарной области и имеющего опыт решения реальных исследовательских и инженерных задач. Совместно с преподавателями ИФИБ НИЯУ МИФИ и ИФТИС НИЯУ МИФИ разработаны и реализуются новые образовательные программы среднего общего образования (10 – 11 классы лицеев) по профилям: «Биолого-физический профиль», «Физико-инженерный профиль». Сотрудниками институтов разработаны и реализуются более 20 спецкурсов по профильным для института направлениям, разработаны более 50 проектных кейсов, основанных на реальных задачах от промышленных партнеров. Руководство проектами осуществляют сотрудники институтов совместно с учителями лицеев.

Реализация проектов позволила обеспечить 100% выполнение КЦП с высоким качеством набора (средний балл ЕГЭ более 90), существенно увеличить количество поступивших с значимыми для обучения в НИЯУ МИФИ компетенциями: имеющих опыт решения практических профессиональных задач – призеров и победителей предпрофессиональных конкурсов, конкурсов WorldSkills, выпускников профильных классов, Предуниверситария НИЯУ МИФИ и др.

По программам Университета, направленным на обеспечение кадрами

приоритетных отраслей России, включая цифровую экономику, прошли повышение квалификации и профессиональную переподготовку 7890 человек.

## Научно-исследовательская политика

В рамках научно-исследовательской политики в 2022 году помимо инициатив и институциональных изменений, которые реализовывались в рамках стратегических проектов, основное внимание было сосредоточено на двух проектах: подготовка научно-педагогических кадров и создание академической экосистемы для запуска и реализации междисциплинарных исследовательских проектов на стыке социогуманитарных и технических наук

В рамках проекта по подготовке научно-педагогических кадров произошли следующие ключевые трансформации:

- переход аспирантуры на электронные индивидуальные рабочие планы аспирантов (ЭИРП);
- в целях внедрения новой номенклатуры научных специальностей, утвержденной приказом Минобрнауки России от 24.02.2021 № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093», проведен переход сети диссертационных советов НИЯУ МИФИ на новую номенклатуру;
- введены меры поддержки научных руководителей аспирантов, которые обеспечивают эффективное взаимодействие с аспирантами в целях подготовки и защиты ими диссертаций в установленные сроки обучения в аспирантуре;
- осуществлена модернизация локальных нормативных актов, регулирующих присуждение ученых степеней в НИЯУ МИФИ в соответствии с изменениями в системе присуждения ученых степеней, функционирующей в рамках Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки России.

В результате удалось достигнуть следующих основных результатов:

1) увеличено количество защит диссертаций в диссертационных советах НИЯУ МИФИ на 86%;

2) разработаны инструкции, электронные информационные и методические материалы, в том числе о кандидатских экзаменах, для аспирантов и соискателей



ученой степени для упрощения прохождения бюрократического этапа подготовки диссертации;

3) подготовлены планы научной деятельности аспирантов по научным специальностям новой номенклатуры научных специальностей в зависимости от отрасли наук, по которой присуждается ученая степень.

Проект по созданию академической экосистемы для запуска и реализации междисциплинарных исследовательских проектов на стыке социогуманитарных и технических наук в долгосрочной перспективе позволит добиться диверсификации направлений научных исследований, а также позволит внедрить в социогуманитарную сферу передовые технологии Университета. В отчетном году в рамках данного проекта решены следующие ключевые задачи:

- создана лаборатория цифровой лингвистики как база для исследований в области машинного анализа письменного наследия;
- разработана концепция платформы для хранения и автоматизированной обработки изображений и текстов Корпуса рукописного наследия Древней Руси;
- создан каталог источников с изображениями древнерусских текстов;
- создано специальное программное обеспечение для обработки изображений древнерусских текстов;
- создан морфологический словарь церковнославянского языка;
- выявлен круг памятников, подлежащих оцифровке, и создан корпус рукописных миней XI-XVII вв.;
- создана система анализа, разработаны идеология и интерфейс «автоматизированного рабочего места филолога»;
- создан корпус (системы корпусов) письменного наследия Древней Руси.

## **Политика в области инноваций и коммерциализации разработок**

В рамках политики в области инноваций и коммерциализации разработок основные работы в 2022 году велись по двум направлениям: поиск новых индустриальных заказчиков и расширение перечня заказов с традиционными заказчиками; трансформация работы с имеющимися объектами интеллектуальной собственности и научными коллективами.

В рамках работ по привлечению новых индустриальных заказчиков были разработаны ценностные предложения для компаний из нетрадиционных для НИЯУ МИФИ секторов промышленности, таких как транспортные, энергетические, нефтегазовые, металлургические компании и др. При взаимодействии с новыми, а также традиционными заказчиками, положительное влияние оказала практика «открытого университета». В рамках данной практики Университет не только предлагал свои конкретные разработки, но и во время визитов делегаций индустриальных партнеров проводил знакомство с конкретными научными коллективами и областями их компетенций. В результате представители индустриальных заказчиков могли наиболее полно сопоставить предложения и представленные компетенции Университета с имеющимися у них вызовами и задачами и рассмотреть возможность заказать в Университете работы по их решению.

Для трансформации работы с имеющимися объектами интеллектуальной собственности и научными коллективами в 2022 году в НИЯУ МИФИ был создан центр трансфера технологий. Основными направлениями работы центра в 2022 году стали: поиск подходящих грантовых программ, помощь научным коллективам в оформлении заявок на них и организация научно-технического сопровождения проектов; разработка форм и методов поддержки прикладных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, востребованных рынком; создание и развитие инструментов эффективного трансфера технологий в экосистеме НИЯУ МИФИ; осуществление контроля за формированием и развитием стартап-проектов и малых инновационных предприятий; развитие современной системы предоставления научно-технических услуг для внешних заказчиков.

Основными задачами центра трансфера технологий являются:

- стимулирование научных идей с их развитием через фонды поддержки с

целью увеличения количества востребованных на рынке РИД;

- выявление наиболее перспективных разработок Университета для размещения на открытой площадке с целью их продвижения и коммерциализации;
- форсирование процессов трансфера технологий на рынках за счет организации R&D службы для промышленности и бизнеса;
- создание эффективного механизма коммерциализации научно-технических разработок;
- интеграция науки и промышленности региона путем активизации трансфера новых технологий, образования новых технологических компаний, участия в деятельности бизнес-инкубаторов;
- получение заказов на технологические разработки для Университета от промышленных предприятий.

В ходе работ по данному направлению удалось достигнуть следующих основных результатов:

- была разработана база данных РИД НИЯУ МИФИ, которая позволила провести оценку актуальности и перспектив коммерциализации РИД;
- начались работы по созданию цифровой выставочной площадки Университета, на которой представлены передовые разработки НИЯУ МИФИ, уникальное научное оборудование и технологические возможности его структурных подразделений;
- достигнуто увеличение объема продажи РИД НИЯУ МИФИ по лицензионным договорам за отчетный период на 60% в сравнении с 2021 годом;
- разработан механизм поддержки исследовательских групп в части поиска подходящих грантовых программ, помощи в оформлении заявок и организации научно-технического сопровождения проектов.

## **Молодежная политика**

Молодежная политика НИЯУ МИФИ направлена на создание условий для раскрытия личностного потенциала каждого студента, формирование гармонично развитой личности, ориентированной на традиционную систему ценностей и профессиональное саморазвитие. Университет внедряет уникальную комплексную программу воспитания студентов, которая реализуется, как в рамках учебной деятельности – через содержание образования, контекстное обучение, организацию интерактивных мероприятий и реализацию специализированных заданий с воспитательным и социальным акцентом, так и в рамках внеучебной работы – через включение студентов в разноплановую научную, культурно-просветительскую, общественную, трудовую, спортивную, творческую деятельность, в том числе посредством реализации идей студенческих объединений и их инициатив.

С целью вовлечения молодежи в активное участие во всех сферах жизни Университета, поддержки обучающихся НИЯУ МИФИ, показавших достижения в области науки, творчества, спорта, добровольчества, социального проектирования, студенческого лидерства и других направлениях, в 2022 году в Университете проведен конкурс «Студент года НИЯУ МИФИ 2022». По итогам участия в суперфинале конкурса были определены 100 лауреатов, а также лучшие студенты по курсам обучения. Лауреаты конкурса получили денежные призы, которые они смогут направить на дальнейшее развитие своего потенциала.

Для формирования кадрового резерва и развития у студентов профессионально значимых качеств НИЯУ МИФИ совместно с ключевыми работодателями и платформой «Россия – страна возможностей» реализует программу оценки и развития управленческих, лидерских и деловых компетенций. В 2022 году в рамках указанной программы разработаны и внедрены в образовательные программы внеучебные мероприятия и модули по развитию личностных компетенций, проведены тренинги, направленные на развитие soft skills: «Эффективные приемы общения», «Развитие управленческих компетенций» и др. Для лидеров студенческого сообщества по всем направлениям деятельности создана система наставничества от наиболее успешных выпускников НИЯУ МИФИ.

Для развития интереса молодежи к научной деятельности в 2022 году создано

математическое объединение НИЯУ МИФИ «Математическая Лига», занимающееся организацией и проведением мероприятий, направленных на углубленную математическую подготовку студентов, а также популяризацию математического образования и исследований в области математики.

С целью поддержки инициатив в области инженерной и предпринимательской деятельности в 2022 году создан международный научно-методический центр FutureSkills. На базе центра, наряду с разработкой и реализацией широкого спектра компетенций, сформировано экспертное сообщество для подготовки методических рекомендаций по развитию компетенции «Технологическое предпринимательство». Участники команды имеют опыт в проектном управлении, проведении JTBD-исследований, организации и ведении высокотехнологичного бизнеса. При участии экспертов для развития предпринимательских компетенций у обучающихся Университета разработан и включен в образовательные программы образовательный модуль «Технологическое предпринимательство».

В целях стимулирования профессионального развития студентов особое внимание уделялось интеграции молодежных инициатив в систему карьерной поддержки и трудоустройства студентов Университета. Для обеспечения такой интеграции в 2022 году на базе студенческого объединения «Карьерный клуб НИЯУ МИФИ» было реализовано более 20 мероприятий. На базе клуба были реализованы инновационные формы поддержки индивидуального карьерного развития студентов через включение в команды единомышленников, ориентированных на определенные группы работодателей (IT - сфера, предприятия ГК «Росатом», высокотехнологичный бизнес и др.). Одним из самых масштабных проектов Карьерного клуба является всероссийский кейс-чемпионат «Opportunity Cup 2022». Чемпионат был реализован самими студентами и проходил по 3 трекам: Инженерный, Бизнес и IT. Главными партнерами чемпионата являются ГК «Росатом», ПАО Сбербанк, Альфа-Банк и Сколтех. В кейс-чемпионате приняли участие более 2000 студентов из 85 вузов России.

Для отбора и закрепления молодежи в секторе исследований и разработок в высокотехнологичных отраслях экономики организованы олимпиады, конкурсы и чемпионаты для студентов и школьников по новым прорывным научным

направлениям, реализуемым НИЯУ МИФИ: «Я – профессионал» (5 направлений), Олимпиада НТО (7 направлений). Университетом организованы и проведены отборочные и заключительные туры Московской предпрофессиональной олимпиады (инженерно-конструкторский, научно-технологический, технологический, информационный профили), региональной олимпиады школьников по цифровой и финансовой безопасности (направления «математика» и «информатика») и региональной олимпиады студентов по цифровой и финансовой безопасности (направления «экономика, финансы и кредит, экономическая безопасность» и «информационная безопасность»).

Эффективность созданной в Университете системы мотивации обучающихся к участию в профессиональных олимпиадах и конкурсах подтверждена результатами, продемонстрированными студентами в 2022 году. Так, например, по результатам олимпиады «Я – профессионал» 16 студентов Университета вошли в число ее основных призеров, получив медали разного достоинства, 19 человек заняли первые места в 9 направлениях олимпиады, а 57 студентов вошли в число призеров по 16 направлениям олимпиады. В 2022 году более 100 обучающиеся НИЯУ МИФИ приняли участие в чемпионатах по стандартам WorldSkills: V Национальный Межвузовский чемпионат, отраслевой чемпионат AtomSkills-2022, чемпионат профессионального мастерства в сфере информационных технологий DigitalSkills 2022, международный чемпионат высокотехнологичных профессий Hi-Tech 2022. По итогам участия в чемпионатах было завоевано 37 медалей: 12 золотых, 15 серебряных и 10 бронзовых.

## **Политика управления человеческим капиталом**

2022 год стал нетипичным и сложным в части управления человеческим капиталом в связи с началом специальной военной операции. Для уменьшения ее негативного воздействия и обеспечения долгосрочного фундамента развития Университета в части реализации политики управления человеческим капиталом основные усилия были уделены четырем направлениям: удержание имеющихся сотрудников, привлечение молодых сотрудников для снижения общего среднего возраста, повышение квалификации сотрудников для увеличения эффективности их трудовой деятельности, привлечение сотрудников индустриальных и научных партнеров для приобретения новых компетенций для Университета. В рамках различных инициатив по удержанию сотрудников удалось минимизировать общие кадровые потери, связанные со специальной военной операцией – они не превысили 2-3% от общего числа сотрудников НИЯУ МИФИ, при этом Университет не покинул никто из ключевых сотрудников среди ППС и АУП.

Инициативы по привлечению молодых сотрудников позволяют продолжать обновление профессорско-преподавательского состава. В отчетном периоде доля ППС в возрасте до 39 лет увеличилась на 1% и достигла значения в 24,9%. Данная доля будет увеличиваться не только за счет инициатив в области политики управления человеческим капиталом, но и за счет инициатив в научно-исследовательской политике, связанных с защитами кандидатских и докторских диссертаций. Отдельно стоит отметить, что изменение позиционирования НИЯУ МИФИ как открытого университета позволило кратно увеличить количество заявок внешних кандидатов на конкурсы на замещение штатных должностей НПП. Также продолжается работа по усилению административно-управленческого персонала. В отчетном периоде на ключевые должности были привлечены сотрудники, имеющие опыт работы в НИЦ «Курчатовский институт», НИУ ВШЭ, ИРНИТУ и других научных и образовательных организациях.

В 2022 году продолжена работа по повышению квалификации сотрудников НИЯУ МИФИ, где основное внимание было уделено обучению цифровым навыкам. Это связано с тем, что возвращение к очному формату обучения требует переработки части методических материалов и методик преподавания с использованием широкого

круга цифровых технологий, но уже в очном формате.

В рамках инициатив по привлечению к работе в НИЯУ МИФИ сотрудников организаций-партнеров проведены переговоры с руководителями ключевых индустриальных и научных партнеров для обсуждения формата вовлечения сотрудников данных организаций в образовательный процесс. Также в настоящее время проводится анализ необходимых изменений в образовательном процессе и трудовых договорах для внедрения микромодулей, что позволит активнее вовлекать в образовательный процесс внешних сотрудников. В 2023 году будет запущен пилотный проект в части преподавания экономических и предпринимательских навыков обучающимся технических специальностей, где дисциплины будут преподаваться внешними сотрудниками, обладающими необходимыми навыками и опытом.



## **Кампусная и инфраструктурная политика**

Большое влияние на реализацию кампусной и инфраструктурной политики в 2022 году оказали различные технологические санкции и невозможность поставки необходимого оборудования. Эти события вынудили изменить приоритеты и весь процесс процедур закупок оборудования. В результате этот подход позволил обеспечить поставку отдельных, уже уникальных для нашей страны, экземпляров оборудования, такого как: лазерные комплексы, отладочные платы, усилители и пр.

В 2022 году продолжена работа по дооснащению студенческого фаблоба оборудованием для проведения проектных практик обучающихся. Закупка нового оборудования позволила сделать еще один шаг к созданию полноценной инфраструктуры для создания прототипов различных электронных устройств, что в будущем окажет влияние не только на улучшение инженерной подготовки обучающихся, но и в перспективе нескольких лет позволит создать полноценную предпринимательскую экосистему.

В отчетном периоде продолжена работа по формированию биомедицинского кластера НИЯУ МИФИ. Кластер создается в здании, находящемся в непосредственной близости от основной территории Университета, но за контуром физической защиты, что позволяет делать его открытым для любых внешних партнерств. В 2022 году проведен ремонт более 1000 кв.м. площади помещений, что позволило реформатировать работу 5 лабораторий биомедицинской направленности и создать инфраструктурный задел для создания лабораторных образцов радиофарм- и нано-препаратов.

В 2022 году большое внимание было уделено обновлению приборной базы Университета по всем направлениям его деятельности. Это было связано как с диверсификацией направлений научных исследований Университета, так и с новыми запросами от индустриальных партнеров, которые потеряли доступ к части зарубежных технологий. В 2023 году в рамках расширения данного направления развития планируется, что Университет расширит использование своего научного оборудования внешними партнерами.

Отдельное место в программе развития НИЯУ МИФИ занимает создание пространств для коллективной проектной деятельности, проведения научных

мероприятий и мероприятий индустриальных партнеров. В рамках реализации программы развития площадь таких современных пространств в 2022 году увеличена на 600 кв.м.

В отчетном году стартовали работы по созданию многофункционального лазерного комплекса мульти-кДж уровня энергии «ЭЛЬФ» – уникальной лазерной установки, обеспечивающей проведение лабораторных экспериментальных исследований с лазерным излучением с энергией и длительностью импульса не имеющих аналогов в мире. В настоящее время закуплено и смонтировано оборудование для создания систем накачки и управления лазером, а также завершены все проектно-сметные работы по созданию комплекса чистых помещений для размещения лазерной установки.

## Система управления университетом

В 2022 году была продолжена работа в направлении коллегиальности принятия решений при реализации программы развития НИЯУ МИФИ. Координационный совет программы развития (состоит из проректоров, руководителей политик и стратегических проектов) стал полноценным органом реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030». Данный орган выполнял ключевую роль при принятии решений по отбору проектов, которые реализовывались в текущем периоде. Проектные заявки на получение финансирования мог подать максимально широкий круг лиц, от руководителей лабораторий до проректоров, при этом все они проходили единую процедуру защиты на координационном совете. В общей сложности было подано 152 заявки, из которых на очную защиту было допущено 99 инициатив, а поддержку получили 62. Важно отметить, что среди руководителей инициатив оказались как опытные руководители научных групп, так и молодые сотрудники Университета, которые получили возможность и ресурсы для реализации своих идей.

Одновременно с процедурой отбора и финансирования проектов, через процедуру защиты на координационном совете, в личных кабинетах обучающихся и сотрудников НИЯУ МИФИ был разработан раздел «Программа развития». В данном разделе можно ознакомиться с содержанием программы развития НИЯУ МИФИ и дать свои предложения по ее корректировке, обозначить наиболее проблемные моменты в деятельности Университета. Эта процедура позволила выявить самые острые проблемы обучающихся и сотрудников НИЯУ МИФИ и сформировать проекты по устранению данных проблем.

Продолжена работа по трансформации структуры Университета. В рамках данного процесса в 2022 году создан Институт фундаментальных проблем социогуманитарных наук. Данный институт сформирован из общеобразовательных кафедр социогуманитарной направленности, которые до создания данного института выполняли только образовательную роль. При этом в структуру нового института сразу были включены исследовательские лаборатории, которые будут заниматься научной деятельностью на стыке гуманитарного и технического знания, например, изучением внутренней структуры крупных архитектурных и археологических объектов современными ядерно-физическими методами (мюонная радиография и т.п.),

созданием корпуса рукописных славянских текстов с применением технологий искусственного интеллекта, социальной историей науки XX-XXI вв. и др. Такой подход позволит в перспективе нескольких лет создать полноценный научно-образовательный институт не только в традиционных направлениях деятельности Университета, но и в области социогуманитарных наук.

## **Финансовая модель университета**

В текущем периоде основное внимание при реализации финансовой политики НИЯУ МИФИ было уделено увеличению доходов Университета из различных источников и их структурной диверсификации.

Первым элементом увеличения доходной статьи Университета было увеличение количества обучающихся как бюджетной, так и платной формы обучения. В сравнении с 2021 годом средняя численность обучающихся бакалавриата, специалитета и магистратуры увеличилась на 700 человек и достигла 6500 человек. Плановое значение, которое является оптимальным для Университета с точки зрения финансово-экономической модели, составляет 8500 человек, что планируется к достижению в 2025 году.

В отчетном году значительные средства Университета были вложены в обновление и развитие научной материально-технической базы Университета, что уже привело к увеличению суммы индустриальных заказов на 15% по сравнению со значением предыдущего года.

При отборе научных проектов для реализации в рамках программы развития они все были разделены на 3 типа – фундаментальные (обеспечивают лидерство в этой области исследований), импортозамещающие (обеспечивают замещение технологий или устройств в связи с санкциями), прикладные (имеют перспективу монетизации через внедрение в индустрию на перспективу до 5 лет). Для оценки разных типов проектов были сформированы свои принципы формирования их финансовых моделей. А для проектов третьего типа началась проработка и внедрение методов их монетизации не через традиционные для НИЯУ МИФИ НИОКР, а через лицензионные договоры или прямую продажу РИД, что должно позволить в долгосрочной перспективе создать новый дополнительный источник средств для развития Университета.

## **Политика в области цифровой трансформации**

В рамках реализации политики в области цифровой трансформации в 2022 году были реализованы следующие проекты: развитие службы цифровых услуг и личных кабинетов; развитие цифрового документооборота; развитие системы индивидуальных образовательных траекторий (ИОТ); модернизация Портала приемной комиссии; создание цифрового подготовительного отделения для иностранных учащихся, изучающих русский язык как иностранный; проект по импортозамещению и развитию ЦОД.

Развитие службы цифровых услуг и личных кабинетов позволило студентам получить новые цифровые и мобильные сервисы и услуги как образовательного и обслуживающего характера, так и социальной и развивающей направленности, в том числе:

- цифровые студенческие сообщества;
- электронная заявка на прохождение независимой оценки квалификации в форме профессионального экзамена;
- электронная студенческая карточка;
- сервис учета старост групп и система цифрового взаимодействия староста-группа, преподаватель-группа;
- набор мобильных услуг «Чужое расписание», публикационная активность, онлайн-аудитории;
- мобильный навигатор НИЯУ МИФИ со встроенным справочником;
- система учета студентов целевого обучения;
- цифровой индивидуальный план работы аспиранта, включая работы по переходу на ФГТ;
- первый этап создания телеграмм-бота НИЯУ МИФИ;
- базовый прототип новой платформы цифровых услуг НИЯУ МИФИ.

В 2022 году в рамках развития системы индивидуальных образовательных траекторий (ИОТ) были выполнены работы и закупки, позволяющие интегрировать ИС НИЯУ МИФИ и систему ИОТ Modeus, обеспечивающую необходимую цифровую поддержку для реализации ИОТ в специалитете ИЯФиТ НИЯУ МИФИ и его полноценную реализацию как пилотного проекта для последующего масштабирования

на все формы обучения в НИЯУ МИФИ.

В рамках обеспечения организации междуниверситетских программ ИОТ развернута специальная облачная версия системы Modeus, обеспечивающая совместную подготовку программ несколькими вузами.

Проведена модернизация Портала приемной комиссии. Выполнено техническое проектирование и разработка программного обеспечения Портала приемной комиссии для модуля «Абитуриент» и модуля сотрудника Приемной комиссии. Дополнительно были подготовлены и синхронизированы данные системы приемной комиссии с ФИС ГИА и системой Суперсервис «Поступление в вуз онлайн». Были разработаны функциональные схемы процессов, модели данных, справочники. Разработаны программное обеспечение, адаптивная верстка, интегрированы элементы дизайна, разработаны и внедрены анимированные элементы, выполнено функциональное тестирование, тестирование графического контента и безопасности всей системы.

В рамках создания цифрового подготовительного отделения для иностранных учащихся, изучающих русский язык как иностранный, были выполнены следующие работы: разработаны цифровые учебно-методические материалы, практические и контрольные задания к ним на русском и английском языках по всем грамматическим темам русского языка как иностранного уровней сложности А1, А2, В1; созданы электронные русско-английские словники с набором лексики, соответствующей уровням владения языком А1, А2, В1. Кроме того, была проведена апробация разработанных грамматических учебно-методических материалов, практических и контрольных заданий к ним. Все материалы загружены в цифровое облако.

В рамках развития цифрового документооборота НИЯУ МИФИ выполнен переход на обновленную систему электронного документооборота Tessa. Осуществлена интеграция системы Tessa и других ИС НИЯУ МИФИ. Внедренные изменения позволили ускорить быстроедействие системы, а также улучшить отдельные функциональные элементы, что позволит в ближней перспективе полностью отказаться от внутреннего бумажного документооборота.

В рамках импортозамещения и развития ЦОД был осуществлен полномасштабный переход НИЯУ МИФИ с программного обеспечения ВКС иностранного производства на отечественное решение IVA ВКС. Система доступна по

адресу <https://ivaedu.mephi.ru/>. Также в рамках импортозамещения и в результате санкционных ограничений начался переход на российскую операционную систему Astra Linux. Проведено пилотное тестирование системы и ее внедрение в отдельных подразделениях Университета. Реализован этап крупномасштабного тестирования внедрения Astra Linux для базовых процессов, проведено пилотное тестирование для специализированных процессов, связанных с научной деятельностью, что позволит в 2023 году перейти на импортонезависимое решение без функциональных потерь.



## **Политика в области открытых данных**

Целью реализации политики в области открытых данных является совершенствование подходов Университета к обращению со своим научным, научно-популярным и образовательным контентом. В 2022 году в рамках политики основные усилия были направлены на развитие университетских научных журналов и создание каналов коммуникации с сообществом выпускников.

В 2022 году в рамках развития университетских научных журналов НИЯУ МИФИ были выполнены работы, направленные на внедрение в редакционный процесс изданий современных публикационных стандартов, а также на повышение привлекательности журналов Университета и обеспечение корректности представления данных в библиометрических базах данных открытого доступа.

Два журнала НИЯУ МИФИ «Глобальная ядерная безопасность» и «Вестник Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» перешли на новые платформы. Помимо обновленного пользовательского интерфейса новые платформы поддерживают функцию «электронной редакции», которая включает упрощенную подачу статей, организацию рецензирования и автоматический обмен данными с базами данных: РИНЦ, Crossref, Scopus, Web of Science и т.д.

Была организована работа «Объединенной редакции» – рабочей группы, занимающейся централизованным распределением статей с конференций Университета в редакции журналов НИЯУ МИФИ и партнерских изданий для дальнейшей публикации. Работа «Объединенной редакции» позволила сохранить непрерывность публикационной деятельности Университета и познакомить авторов НИЯУ МИФИ с лучшими практиками публикационной культуры.

Была запущена работа блога «Пиши, публикуй», посвященного вопросам подготовки научных публикаций. Цель блога – поддержание высокой публикационной культуры среди сотрудников и обучающихся Университета и их обучение лучшим публикационным практикам.

Также были реализованы другие мероприятия, в частности: обновление состава редакционных коллегий журналов НИЯУ МИФИ; обновление тематического поля университетских изданий согласно новой номенклатуре ВАК и подача заявок для включения пяти журналов в обновленный перечень ВАК; совершенствование

механизмов обмена метаданными между журналами и международными и национальными базами данных; разработка и реализация в части изданий обновленной формы рецензирования; организация лекций экспертов для сотрудников и обучающихся Университета.

Реализованы работы по развитию каналов коммуникации с сообществом выпускников – основными результатами работы в 2022 году стали: приложения для сообщества выпускников НИЯУ МИФИ; сайт сообщества и системы его администрирования. Это позволило сформировать единое пространство для взаимодействия с эндаумент-фондом Университета, что в свою очередь привело к повышению информированности участников сообщества о различных проектах сообщества и деятельности НИЯУ МИФИ в целом. В связке с приложением разработан сайт сообщества выпускников с разделами, посвященными анонсам публичных мероприятий, публикациям новостей, архиву и освещающими важные мероприятия Университета.

## **Дополнительные направления развития**

### **Вклад в социально-экономическое развитие регионов**

В рамках политики социально-экономического развития регионов основное внимание было уделено развитию Консорциума Сетевого университета фундаментальной науки и технологий (далее – СУФНИТ, Консорциум). Участниками СУФНИТ являются ведущие вузы, научные организации, центры компетенций НТИ и технологические компании, обладающие ресурсами, необходимыми для осуществления образовательной деятельности по соответствующей образовательной программе (далее – организации, обладающие ресурсами), включая иностранные организации.

В реализации сетевых образовательных программ и программ двойного диплома используются цифровые образовательные платформы, обеспечивающие дистанционную профориентацию абитуриентов, реализацию части блоков, модулей и дисциплин в дистанционной форме, цифровое определение компетенций и внедрение в обучение цифровых двойников изучаемых объектов и процессов.

Ключевой сетевой технологией в организации образовательной деятельности СУФНИТ является «маршрутизация» студентов на основе компетентностной карты ведущих научно-образовательных организаций страны, формируемой, актуализируемой и администрируемой Университетом 20.35 совместно с НИЯУ МИФИ.

Принципиальная схема образовательной программы СУФНИТ предполагает зачисление студента в магистратуру базового образовательного учреждения и его обучение в первом семестре в данной образовательной организации с включением дистанционных профориентационных модулей-презентаций других участников СУФНИТ и формирование студенческих команд из участников образовательной программы; во втором семестре сформированные команды проходят обучение в других научных организациях и образовательных учреждениях Консорциума; в третьем – направляются в государственные технологические компании; в четвертом – готовят и защищают научную работу или технологический проект под руководством ведущих ученых и практиков организаций Консорциума. Проект СУФНИТ вошел в число победителей регионального трека интенсива «Архипелаг 2022».

## **Достигнутые результаты при реализации стратегических проектов**

### **Стратегический проект «Релятивистская квантовая инженерия»**

Стратегический проект «Релятивистская квантовая инженерия» направлен на разработку и создание научных приборов и проведение исследований для получения новых знаний о фундаментальных свойствах материи в масштабах от элементарных частиц до вселенских объектов, а также подготовку кадров для этих областей науки. Реализация проекта основана на широком участии в международных коллаборациях, в первую очередь работающих в России, и развитии собственной уникальной научной базы.

НИЯУ МИФИ принимает активное участие в проекте класса мегасайенс NICA (ОИЯИ). Для подготовки к сеансам на ускорительном комплексе выполнено масштабное моделирование столкновений ядер золота в области энергий от 2,4 до 11 ГэВ, необходимых для сравнения с экспериментальными данными экспериментов BM@N и MPD. Подготовлено подключение вычислительного центра НИЯУ МИФИ в общую сеть кластеров для обработки данных этих экспериментов через распределенную суперкомпьютерную систему НИКС. Разработана специализированная интегральная микросхема концентратора данных (КМОП-технология проектного уровня 90 нм АО «Микрон») для обработки сигналов время-проекционной камеры TPC – основного детектора MPD.

В 2022 году в рамках расширения присутствия НИЯУ МИФИ в научных коллаборациях и укрепления позиций в экспериментах на комплексе NICA научная группа Университета вступила в коллаборацию Spin Physics Detector (SPD). Подготовлена научно-техническая документация для вступления в эксперимент SPD, отобраны научно-педагогические кадры и привлечены студенты для участия в данном эксперименте.

В рамках развития собственной научно-исследовательской инфраструктуры создана внутренняя плоскость координатно-трекового детектора ТРЕК площадью 250 кв.м., не имеющего аналога в мире. Его создание является важным этапом в развитии уникальной научной установки НЕВОД до класса мегасайенс, которая станет первой в мире установкой такого класса, созданной непосредственно в Университете. В рамках развития прикладных исследований по мюонной диагностике различных объектов

разработан комплекс для калибровки детектирующих элементов мюонных томографов, на который подана патентная заявка на изобретение.

В 2022 году продолжились работы в международных коллаборациях. В CERN в рамках подготовки к третьему сеансу Большого адронного коллайдера был модернизирован созданный сотрудниками НИЯУ МИФИ трековый детектор переходного излучения, а также основные узлы и программное обеспечение трекового детектора переходного излучения TRT в эксперименте ATLAS.

Разработан новый комбинированный метод анализа сцинтилляционных и черенковских сигналов в жидко-сцинтилляционных нейтринных детекторах большого объема, позволяющий определять направление на источник нейтрино. На его основе измерен поток суб-МэВных солнечных нейтрино в детекторе Bogerino. Скорость счета «бериллиевых» нейтрино от Солнца с энергией 862 кэВ находится в согласии с предсказаниями Стандартной солнечной модели.

В рамках исследований по физике экстремальных световых полей и квантовой инженерии сильнокоррелированных систем исследованы фундаментальные эффекты лазер-плазменного взаимодействия на мульти-петаваттных лазерных установках, включая российскую лазерную систему XCELS. В результате разработана модель процесса генерации сверхсильных магнитных полей напряженностью до нескольких гига-гаусс в схемах лазерно-плазменного взаимодействия. Выполнено моделирование нелинейной динамики плазмы в условиях планируемых экспериментов на мультипетаваттных лазерных установках.

Для гамма-спектрометрии в автоматизированных системах контроля радиационной обстановки АЭС изготовлен образец модуля с энергетическим разрешением  $\sim 2,5\%$  на основе детектора NaI (Tl) размером 3×3 дюйма и модернизированного цифрового спектрометрического процессора ЦСУ-ПН-02. В рамках лабораторных испытаний образца показана возможность применения методов низкофоновой NaI гамма-спектрометрии как альтернативы методам низкофоновой HPGe гамма-спектрометрии.

Результаты научных и технических разработок включены в лекции и семинары для студентов НИЯУ МИФИ. Созданные прототипы приборов будут использоваться при проведении практических занятий для получения углубленных знаний в области

экспериментальной техники регистрации элементарных частиц и приобретения навыков работы с современной аппаратурой ядерно-физического эксперимента.

Разработан новый цикл лабораторных работ в рамках курса «Экспериментальные методы ядерной физики», предназначенный для подготовки бакалавров и магистров. Разработана и внедрена образовательная программа бакалавриата «Физика космических излучений» по направлению 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», предназначенная для подготовки бакалавров с опытом проведения исследований на экспериментальных научных комплексах, включая установки класса мегасайенс.

Проведена 6-я международная конференция по физике частиц и астрофизике ICPPA-2022 (29 ноября – 02 декабря 2022 года) и Международный онлайн-семинар «Методы анализа и обработки данных в экспериментах на ускорительном комплексе NICA (NICA-2022)» (13 – 15 декабря 2022 года). Мероприятия собрали более 500 участников, среди которых ведущие эксперты и молодые специалисты, работающие в экспериментальных и теоретических областях ядерной физики, физики тяжелых ионов, физики высоких энергий, космологии, физики нейтрино и астрочастиц, а также в области современных технологий детекторов частиц.

Ключевой проблемой реализации стратегического проекта «Релятивистская квантовая инженерия» стали нарушения международных связей и логистических цепочек в научных коллаборациях, дислоцирующихся за пределами Российской Федерации. Несмотря на это сотрудники Университета продолжили выполнение своих обязательств в международных коллаборациях в CERN, на экспериментах RHIC, Borexino и др., усилено участие в обработке экспериментальных данных, а также в теоретических исследованиях. В 2022 году сделан акцент на участие в экспериментах, расположенных на территории РФ, таких как BM@N, MPD, SPD (NICA), SPASCHARM (ИФВЭ НИЦ КИ), TAIGA (НИИЯФ МГУ, ИГУ) и др.

## **Стратегический проект «Ядерные энерготехнологии нового поколения и экстремальные состояния вещества»**

В 2022 году закончена разработка первой версии цифрового двойника Исследовательского ядерного реактора ИРТ МИФИ. В рамках разработки созданы: математические модели основных физических процессов, протекающих при нормальной эксплуатации исследовательского реактора; разработана BIM-модель помещений и основного оборудования исследовательского реактора; с использованием технологий виртуальной реальности разработан сценарий виртуального пуска ядерного реактора и его работы на мощности. Создание цифрового двойника позволяет улучшить качество образовательного процесса для студентов профильных специальностей не только НИЯУ МИФИ, но и Ассоциации опорных вузов ГК «Росатом» без необходимости строить свои реакторные установки или полноразмерные тренажеры.

Разработаны методики и программные средства для обоснования безопасности объектов использования атомной энергии: новая методика подготовки малогрупповых диффузионных констант для активных зон инновационных ядерных реакторов; программные средства для оценки параметров самопроизвольной цепной реакции в производственных условиях и поддержки принятия решений о мерах защиты персонала.

Получены новые результаты для создания материалов ядерной техники с уникальными свойствами: показана возможность получения прозрачной керамики на основе оксида иттрия, алюмоиттриевого граната, алюмомагнезиальной шпинели; выбраны оптимальные режимы искрового плазменного спекания сфероидизированного аморфного порошка состава  $Zr_{35}Ti_{30}Be_{27,5}Cu_{7,5}$  для получения наиболее плотных аморфно-кристаллических компактов с высокой степенью аморфности и с наилучшим сочетанием механических свойств.

Разработаны учебные материалы для международной Школы РФ и МАГАТЭ по управлению ядерными знаниями.

В рамках работ по повышению безопасности реакторов нового поколения со свинцовым теплоносителем разработаны физические основы защиты оболочной стали ТВЭЛа от коррозии в потоке расплава свинца с помощью сформированной в плазме двухслойной поверхностной структуры на основе алюминия. Полученные результаты

будут использованы для будущей разработки технологии плазменного нанесения защитных поверхностных структур на массив оболочек ТВЭЛов с приваренными концевиками в серийном режиме.

Спроектирована установка, позволяющая проводить ускоренные плазменные испытания фрагментов циркониевых оболочек ТВЭЛов в автоматическом режиме. Закуплено оборудование для создания установки. Установка будет использована для разработки плазменной технологии коррозионных испытаний, которая за счет кратного сокращения длительности испытаний позволит совершить прорыв в развитии коррозионностойких материалов для наиболее энергонапряженных элементов ядерных реакторов.

Предложена и реализована технология лазерной обработки поверхности циркониевых оболочек ТВЭЛов, включающая в себя выбор стратегии обработки, мощность лазерного излучения и время воздействия на оболочку лазерного излучения. Предложенная технология позволяет ликвидировать исходные поверхностные дефекты оболочки и в несколько раз уменьшить шероховатость поверхности циркониевых оболочек ТВЭЛов.

Проведена модернизация токамака МИФИСТ-0. Созданы новые, технологически более совершенные, управляющие катушки токамака. Увеличена энергетика и разработаны блоки управления положением плазменного шнура, реализована система измерения прямой и отраженной мощности ВЧ и СВЧ диапазона. Это позволяет проводить принципиально новый класс экспериментов на токамаке, направленных на оптимизацию режимов предионизации, что является релевантным как для данного токамака, так и для более крупных установок. Совместно с Проектным Центром ИТЭР токамак МИФИСТ включен в создаваемую в РФ международную сеть распределенных лабораторий термоядерных исследований.

В рамках совместных работ с дирекцией международного термоядерного реактора ИТЭР разработана технология извлечения металлической пыли из вакуумной камеры токамака. Обоснован электростатический метод очистки эндоскопа, водящего/выводящего устройства сбора пыли (пылесборная головка) из токамака. Разработано устройство сбора пыли электростатическим методом.

Разработан прототип радиоизотопного источника питания средней мощности (от



1 мВт до 100 Вт) нового типа с КПД преобразования теплового излучения не хуже 15% (у традиционных радиоизотопных источников, не более 5%). Разработанная технология изготовления высокоэффективного преобразователя энергии ядерного распада в электричество на основе квазидвумерных перколяционных нанокластерных пленок может использоваться для создания батарей питания систем удаленной телеметрии и мониторинга объектов Северного морского пути, МО, космонавтики и нефтегазовой инфраструктуры в условиях ограниченного доступа. По результатам работы подготовлено техническое задание на проведение ОКР по созданию серии опытных образцов радиоизотопного источника питания.

Создан абляционный импульсный плазменный двигатель малой тяги для наномикроспутников VERA (Volume-Effective Rocket-propulsion Assembly). Определены оптимальные параметры магнитной системы плазменного двигателя, обеспечивающие минимизацию энергетической цены тяги и высоковольтного генератора, обеспечивающие стабильную инициацию основного дугового разряда. В составе запущенных в августе отчетного года спутников CUBESX-HSE-2 и SXC3-214 двигатели VERA в настоящее время находятся в стадии летных испытаний в космосе. Для исследований процессов в двигателе и проведения вычислительных экспериментов на его цифровом двойнике ведется разработка соответствующей физико-математической модели. Создан задел для начала серийного производства этих двигателей для нано- и микроспутников.

Предложена технология создания композитных материалов на основе сплава Fe-18Cr-10Ni, которая включает в себя холодную пластическую деформацию для получения высокопрочной мартенситной матрицы и термическую обработку лазерным излучением для реализации в этой матрице областей пластичного аустенита различной формы и размеров. Рассмотрены возможности применения таких материалов для изготовления активных частей ротора электрических машин.

В рамках реализации инновационного подхода по защите стенки термоядерных установок с помощью жидкого лития разработан высоковакуумный стенд для изучения влияния плазменной обработки на смачиваемость поверхностей конструкционных материалов жидкими металлами. Собраны основные элементы установки. Последующие эксперименты позволят найти условия формирования текущего тонкого

слоя лития на поверхности конструкционных материалов, что необходимо для реализации разрядов с низким рециклингом водорода и улучшенными характеристиками плазмы.

Выполнена разработка концепции и принципиальной схемы перспективной конструкции кинетического накопителя с использованием ВТСП подшипников нового типа как элемента Сверхпроводникового энергетического кластера (СПЭК). Работы ведутся коллективом молодежной лаборатории «Сверхпроводящие энергетические системы», созданной совместно с компанией ООО «СуперОкс».

Разработана и испытана в мишенной камере создаваемого лазерного комплекса «ЭЛЬФ» сверхзвуковая газовая струя для исследования процессов 3-х волнового взаимодействия лазерных пучков высокой мощности с пондеромоторно возбуждаемыми низкочастотными ионно-звуковыми колебаниями. Это позволит на установке «ЭЛЬФ» проводить эксперименты по решению одной из основных проблем лазерного термоядерного синтеза, а именно, устранение влияния нелинейных процессов перекачки лазерной энергии между пучками в схеме прямого облучения термоядерной мишени.

Исследован вопрос возникновения гомоклинического и гетероклинического хаоса в динамических системах, описываемых возмущенными обобщенными уравнениями Шрёдингера. Полученные результаты позволяют уменьшить потери при передаче информации в оптическом волокне и позволяют судить об устойчивости оптических импульсов в зависимости от параметров системы.

Выполнено развитие теоретической модели уравнения состояния для термодинамического моделирования термических свойств и свойств переноса (вязкость, теплопроводность) газовых и конденсированных систем, являющихся продуктами разложения высокоэнергетических соединений в быстропротекающих процессах.

## **Стратегический проект «Синхротронные, нейтронные, ускорительные и наноразмерные технологии для медицины, биологии и экологии»**

В рамках реализации стратегического проекта была создана научно-исследовательская лаборатория «Силовая твердотельная высокочастотная электроника». Лаборатория будет специализироваться на прикладных исследованиях в области твердотельных высокочастотных усилителей субмегаваттного класса мощности, предназначенных для питания резонаторов ускорителей заряженных частиц. Основными задачами лаборатории является формирование компетенций в области твердотельной электроники, проведение исследований и разработки конечных изделий, разработка технологии ВЧ усилителей преимущественно на отечественной ЭКБ. В рамках исследовательской деятельности лаборатории в 2022 году предложено решение для схемы защиты транзисторов от рассогласования, позволяющее увеличить КПД твердотельного усилителя на 20%. Также был разработан макет усилительной ячейки постоянного действия на частоту 350 МГц, предназначенный для усиления ВЧ сигнала вплоть до уровня мощности в 1,5 кВт. Ведется поиск возможностей перехода на отечественную ЭКБ. Выполнено обоснование возможности создания задающей системы СВЧ питания усилительных клистронов с выходной мощностью до 25 МВт для использования в системе высокочастотного питания ускоряющих резонаторов электронных ускорителей 3 ГГц диапазона с частотой повторения импульсов до 400 Гц, длительностью СВЧ импульса до 15 мкс, максимальным уровнем выходной мощности в диапазоне рабочих частот в точке компрессии 1 дБ до 95 Вт с перспективой увеличения до 1,2 кВт.

В рамках работ по созданию масштабируемой платформы для систем автоматизированного управления крупными физическими установками, в том числе с использованием российской компонентной базы, сформирована команда и заключен рамочный договор с крупнейшим российским разработчиком контроллеров и модулей на их основе – компанией «Доломант» (входит в группу компаний «Прософт»). Совместно со специалистами компании «Доломант» подготовлена заявка на участие в программе «Научное приборостроение»: проект направлен на создание российской линейки модулей для систем управления ускорителями заряженных частиц. Линейку предполагается развивать преимущественно с использованием отечественной

компонентной базы. Потенциальную заинтересованность в продукте подтвердили ОИЯИ, РФЯЦ ВНИИЭФ, ИЯИ РАН, ИЯФ СО РАН, АО НИИТФА. В рамках работ по импортозамещению разработана плата, предназначенная для замены платы управления многолепестковым коллиматором в составе комплекса для дистанционной лучевой терапии (аналоги данной платы более не поставляются легальным образом в Россию европейскими и американскими компаниями).

В рамках работ по совершенствованию системы подготовки кадров для ускорительных центров РФ разработана программа внутриуниверситетской мобильности с СарФТИ НИЯУ МИФИ по ускорителям заряженных частиц. Также продолжается реализация сетевых образовательных программ магистратуры «Ускорители заряженных частиц для установок мегасайенс класса» с ОИЯИ и «Ускорители заряженных частиц для источников синхротронного и нейтронного излучения» с НИЦ «Курчатовский институт». Разработана и внедрена новая программа дополнительного образования (повышения квалификации) «Современные проблемы ускорителей заряженных частиц», проведено обучение первого потока – обучение прошли 63 человека.

В 2022 году на базе межкафедральной лаборатории нано-биоинженерии и международной лаборатории гибридных фотонных наноматериалов в ИФИБ создан Научный центр наноинженерии фотонных материалов для биомедицины и оптоэлектроники. В рамках развития центра нанобиомедицины ИФИБ были созданы новые лаборатории радиобиологии нанопрепаратов, лазерной биомедицины, диагностики наноматериалов, лазерного синтеза наноматериалов, химического синтеза и функционализации наноматериалов. Ввод данных лабораторий позволит существенно расширить спектр проводимых в центре нанобиомедицины научных исследований.

В 2022 году создан Центр трехмерной биопечати. Сотрудниками центра в 2022 году разработан прототип ручного автономного комплекса двухкомпонентной 3-х мерной биопечати с ультразвуковой системой полимеризации для лечения раневых поверхностей.

В 2022 году в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» совместно ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России реализованы проекты по оценке размеров необходимых обучающих выборок для

определения параметров пучков методами машинного обучения и разработке проекта VR-системы обучения персонала отделения лучевой терапии.

Было проведено обучение по программе дополнительного профессионального образования (ДПО) «Перспективные технологии ядерной медицины для внедрения в практику высокотехнологичных центров РФ». Программу ДПО прошли 51 человек, среди которых как студенты магистратуры НИЯУ МИФИ, ТПУ и СПбПУ Петра Великого, так и специалисты отрасли (ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, ДГОИ им. Дмитрия Рогачева, НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина, АО «Русатом Оверсиз», АО «Медицина»).

С целью интеграции междисциплинарных команд разработчиков в структуре ИФИБ была создана кафедра Фундаментальной медицины. Основной задачей кафедры является обеспечение высокого качества освоения фундаментальных медицинских дисциплин в рамках реализации образовательных программ путем интеграции образовательных, научно-исследовательских и творческих компетенций обучающихся, кадрового и инфраструктурного потенциала вуза в условиях непрерывного и системного совершенствования всех направлений работы ИФИБ. Совместно с «НМИЦ эндокринологии» и «НМИЦ радиологии» разработана пилотная версия интеллектуального модуля – программы для ЭВМ «Интеллектуальный ассистент диагностики узловых образований щитовидной железы». Модуль предназначен для интеграции в создаваемую комплексную систему поддержки принятия врачебных решений.

Ключевые проблемы при реализации стратегического проекта в 2022 году относились к сфере поставок оборудования и были обусловлены турбулентностью рынка. На фоне уменьшения номенклатуры необходимого оборудования и, в особенности, материалов происходили отказы поставщиков. Осуществление закупок осложнялось также скачками цен и значительно возросшими сроками поставок. В результате значительная часть позиций закупалась со второго-третьего раза. От части поставок пришлось отказаться. Однако, несмотря на возникшие затруднения, программа работ по стратегическому проекту была выполнена в полном объеме.

## Стратегический проект «Радиофотоника и квантовая сенсорика»

Глобальной целью стратегического проекта является разработка фундаментальных, практических и технологических подходов в междисциплинарных областях радиофотоники, квантовой сенсорики, СВЧ технологий и смежных с ними, основанных на преимуществах использования взаимодействия электронной, оптической и СВЧ подсистем, в т.ч. с учетом квантового механизма взаимодействия в перспективных материалах и устройствах. Основными практическими задачами являются расширение частотного диапазона в компонентах и системах обработки данных, разработка сенсорных приложений, разработка методик проектирования и тестирования компонентной базы в экстремальных условиях. В 2022 году в НИЯУ МИФИ, в том числе совместно с организациями-участниками консорциумов, были получены следующие результаты:

В области радиофотоники на основе разработанного алгоритма и программы расчета квантовых состояний и оптических свойств с учетом экситонного вклада установлен обобщенный принцип квантового дизайна конструкций гетероструктур для увеличения электрооптического эффекта за счет подходов стрейнтроники, использования асимметрии, туннельных эффектов и управляемой гибридизации дырочных состояний. Подход апробирован на основе InAlGaAs гетероструктур на подложке InP, предложены принципиально новые конструкции гетероструктур, обеспечивающие увеличение электрооптического эффекта до 2-х раз по сравнению с лучшими известными структурами. Результаты будут использованы в производстве (АО «НИИ Полюс им. М.Ф. Стельмаха», участник консорциума «Радиофотонные технологии цифровых и аналоговых систем нового поколения») для улучшения параметров InP электрооптических модуляторов диапазона 1,5 мкм в части напряжения модуляции, частотной полосы, уменьшения габаритов.

В области СВЧ электроники впервые методом молекулярно-лучевой эпитаксии созданы AlN/GaN HEMT гетероструктуры с высоким аспектным соотношением и электронной плотностью за счет введения ультратонкого 5 нм барьера AlN, созданы СВЧ транзисторы с предельной частотой усиления  $f_{\max} = 80$  ГГц. Результаты будут использованы в аппаратуре сетей связи 5G+ миллиметрового диапазона.

В области квантовой сенсорики разработан и экспериментально апробирован

метод векторной магнитометрии, реализуемой с помощью одиночной спиновой системы «NV-13C» в алмазе на основе одиночных атомов изотопа  $^{13}\text{C}$ , расположенных в 3-й координационной сфере относительно азотно-вакансионного дефекта. Методика применима для исследования сверхмалых магнитных полей, в том числе в биомедицинских задачах.

В области терагерцовых технологий создана прецизионная технология эпитаксиального роста AlGaAs/GaAs гетероструктур для терагерцовых квантово-каскадных лазеров (200 периодов по 6 слоев нанометрового диапазона в каждом, достигнуто отклонение по толщинам не более 2%). На основе структур совместно с СВЧПЭ РАН изготовлен квантово-каскадный лазер и продемонстрирована генерация в диапазоне 3 ТГц. Впервые предложен сверхкомпактный сенсор траектории электронного пучка на основе отклика от фотонного кристалла, испускающего ТГц поляризованные волны, для применения в установках класса мегасайенс при диагностике пучков релятивистских частиц.

При выполнении проектов отмечается междисциплинарная конвергенция исследований на основе общей платформы – развитие подходов по исследованию и применению взаимодействия электромагнитных волн с твердым телом и/или полупроводниковыми наноструктурами, увеличение роли фотоники и радиофотоники в прикладных разработках, усиление данного стратегического направления в научной и образовательной политиках Университета.

Основной проблемой при выполнении стратегического проекта стали санкционные ограничения, которые привели к недоступности некоторых зарубежных материалов, комплектующих и программного обеспечения.

В рамках образовательных проектов для усиления фундаментальной и практико-ориентированной подготовки на основе взаимодействия с предприятиями реального сектора и консорциумами проведена модернизация образовательных программ «Радиофотоника» (бакалавриат и магистратура), «Экстремальная высокопроизводительная электроника физических установок» (магистратура), созданы 2 программы ДПО в области радиационной стойкости электроники.

## **Стратегический проект «Кибербезопасность интеллектуальных систем и критических информационных инфраструктур»**

В отчетном периоде проведен анализ лучших зарубежных образовательных программ по доверенному искусственному интеллекту и разработана новая магистерская программа «Основы обеспечения доверия и безопасности систем искусственного интеллекта (ИИ)», включающая основные аспекты информационной безопасности (ИБ) применительно к ИИ, доверенный ИИ, обзор задач обеспечения ИБ ИИ и методов их решения, атаки на модели машинного обучения (ML-модели), конфиденциальное машинное обучение, криптографические методы конфиденциальных вычислений, примеры обеспечения конфиденциальности при обучении и применении нейросетей. Разработанная магистерская программа будет реализована в 2023 году.

С целью повышения эффективности выявления уязвимостей в 2022 году разработан программно-аппаратный комплекс по преобразованию целевых программных компонентов прошивок магистрального телекоммуникационного оборудования для проведения их автоматизированного тестирования. Также в рамках реализации проекта разработан программный комплекс для анализа и ранжирования программных ошибок и уязвимостей в прошивках оборудования на объектах критической информационной инфраструктуры.

С целью популяризации результатов проекта и вовлечения большего числа специалистов на базе НИЯУ МИФИ в 2022 году проведен интенсив SPRUSH CTF – соревнование по прикладной информационной безопасности для студентов российских вузов и вузов-партнеров, в котором приняли участие более 250 команд из 10 стран.

В рамках совершенствования средств безопасности высокопроизводительных вычислительных систем критического назначения разработаны схемы построения блоков замен и блоков перестановок, в том числе многомерные, предполагающие эффективное распараллеливание с применением технологий CUDA и OpenMP. Предложены механизмы повышения статистической безопасности стохастических алгоритмов за счет использования так называемых стохастических сумматоров.

Разработана архитектура параллельного вычислителя, входящего в состав аппаратного модуля шифрования. Выполнен расчет производительности параллельного



вычислителя в зависимости от числа потоков и тактовой частоты. Разработан алгоритм диспетчеризации потоков параллельного вычислителя.

В рамках проектов по развитию доверенных интеллектуальных программно-аппаратных комплексов и нейропроцессоров разработаны решения для поиска событий в видеоархиве по запросу на естественном языке (реализован конвейер получения локализации объектов на изображениях и видео). Разработаны алгоритмы, определяющие усталость и засыпание человека по видео, модифицированы модели распознавания лиц с учетом строения лица. Исследовано влияние некоторых архитектур нейронных сетей на реидентификацию объекта трекинга и фильтра Калмана в актуальных решениях по трекингу объектов.

Проведены работы по верификации ряда доработанных блоков перспективного отечественного тензорного процессора (семейство IVA TPU) с заданным уровнем покрытия. Разработана структура нового учебного курса по проектированию отечественных тензорных процессоров.

В направлении биоинформатика в 2022 году проведены квантово-химические и биохимические исследования двух ингибиторов протеинкиназ семейств DYRK/Clk – кандидатов в противоопухолевые препараты. Получены данные о физико-химических особенностях близких по структуре ингибиторов, что может объяснить сходства и различия молекулярных механизмов их действия в клетках человека. Работа проводится в кооперации с университетом Блеза Паскаля (г. Клермон-Ферран, Франция). Для оценки мембранной проницаемости ряда соединений построена плазматическая мембрана POPC. Проведен ряд молекулярно-динамических симуляций для проверки адекватности модели и описания механизма взаимодействия активного и неактивного соединений с мембраной. Работа проводится в кооперации с университетом ИТМО и Институтом цитологии РАН (Санкт-Петербург). Проведен анализ доступного программного обеспечения для молекулярного моделирования, в первую очередь программ по молекулярному докингу.

В рамках стратегического проекта 14-15 декабря 2022 года совместно Федеральной службой по финансовому мониторингу проведена VIII Международная научно-практическая конференция Международного сетевого института в сфере ПОД/ФТ. Конференция стала площадкой для всестороннего обсуждения современных

трендов в сфере борьбы с отмыванием денег, представления новейших инициатив и проектов по развитию права, экономики и информационных технологий в сфере ПОД/ФТ. Традиционно в ней приняли участие представители органов государственной власти, госкорпораций, бизнеса и финансовых учреждений, научных и образовательных организаций, представителей структур государств ЕАГ, осуществляющих регулирование и надзор в сфере ПОД/ФТ.

## **Достиженные результаты при построении межинституционального сетевого взаимодействия и кооперации**

Сотрудниками ИИКС, ИФИБ и ИФТИС совместно с индустриальными партнерами (Samsung, ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России, Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова) разработаны и реализуются образовательные программы среднего общего образования (10-11 классы лицеев) по профилям: «Информационно-технологический», «Биолого-физический», «Физико-инженерный» соответственно. Сотрудниками институтов разработаны и реализуются более 20 спецкурсов по профильным для института направлениям, разработаны более 50 проектных кейсов, основанных на реальных задачах от индустриальных партнеров. Руководство проектами осуществляют сотрудники институтов совместно с учителями лицеев.

В рамках реализации образовательного гринфилда «Квантовый инжиниринг» собрана экспертная группа по разработке и оценке учебного плана и программ учебных дисциплин из сотрудников РКЦ, МИАН им. В.А. Стеклова, ГК «Росатом». Достижнуты соглашения о сотрудничестве с Российским квантовым центром и СП «Квант» (ГК «Росатом»). Заключен договор о прохождении студентами практики на базе лабораторий РКЦ. Достижнуты договоренности о сотрудничестве с лабораторией «Квантовая оптика» СПбГУ, Квантовым центром МТУСИ.

В рамках реализации образовательного гринфилда «Экстремальное программирование» к занятиям с обучающимися привлечены сотрудники ООО «Яндекс», являющиеся выпускниками НИЯУ МИФИ, ВШЭ и ШАД, финалистами ICPC 2016 и 2020, Google HashCode 2021, которые также работают тренерами секции спортивного программирования НИЯУ МИФИ.

Университет стал федеральной инновационной площадкой по проекту «Повышение качества и востребованности российского образования за счет интеграции в образовательные программы онлайн-курсов от ведущих специалистов мирового уровня и работодателей, использования образовательных онлайн ресурсов университетских образовательных партнерств и сетей». Создана партнерская сеть НИЯУ МИФИ по разработке онлайн-курсов и реализации сетевого обучения, в которую входят 17 вузов РФ (ИТМО, УрФУ, ВАВТ, СФУ и др.) и 35 высокотехнологичных

предприятий и научных организаций (предприятия ГК «Росатом», ОИЯИ, институты РАН и др.).

В проекте «Реорганизация HASS-блока НИЯУ МИФИ» участвуют специалисты Института всеобщей истории РАН, Института русского языка им. В.В. Виноградова, Института психологии РАН, Экономического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, Философского факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, Исторического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, а также сотрудники Духовных академий Русской православной церкви.

В рамках проекта «Индивидуализация инженерного образования через проектные практики» в 2022 году совместно с компанией Samsung была разработана программа и проведена школа Samsung ML Bootcamp в области «Анализа данных и машинного обучения» с общим количеством регистраций 2300 человек. Программа Samsung ML Bootcamp состояла из трех блоков по 1 неделе каждый: основы Python, классическое машинное обучение, практические задачи ML. В 2022 году студентами было выполнено более 200 проектов, часть из которых реализовывались под кураторством сотрудников различных компаний и предприятий партнеров. Среди них можно выделить Всероссийский научно-исследовательский институт автоматизации им. Н.Л. Духова, ФГУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН», ФИЦ Биотехнологии РАН, Samsung Россия и другие.

С целью трансляции опыта НИЯУ МИФИ по организации проектной работы в 2022 году были проведены «Школа научного наставничества» и «Академия научного наставничества» для студентов и сотрудников высших учебных заведений. Помимо этого исполнители проекта приняли участие в конференции «Проектные практики школы XXI века» с числом участников более 200 человек, а также в круглом столе «Лучшие практики деятельности федеральных инновационных площадок, реализующих проекты инженерно-технической направленности» в рамках Всероссийской конференции по теме «Проблемы и перспективы формирования Всероссийской экосистемы, обеспечивающей профессиональное самоопределение и развитие научно-технического творчества и инновационной деятельности детей и молодежи в соответствии с моделями деятельности Кружкового движения Национальной технологической инициативы».

В рамках проекта «Математическая Лига» при построении сетевого взаимодействия проведены онлайн-лекции приглашенных ученых из внешних организаций (университет Бирмингема, Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии Роспотребнадзора). Также членами «Математической Лиги» организована лекция российского математика, д.ф.-м.н., члена-корреспондента РАН Алексея Владимировича Савватеева.

НИЯУ МИФИ задействован в пилотном проекте по реализации академической мобильности в межвузовском пространстве. Реализация проекта осуществляется на подготовленной платформе сетевого взаимодействия Modeus на базе следующих университетов: НИЯУ МИФИ, ТюмГУ, УРФУ, Сеченовский университет. Каждый университет реализует выборные дисциплины объемом 3 ЗЕТ для студентов магистратуры, обучающихся по направлению 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника». В рамках программы от каждого университета заявлено по 25 студентов для обучения в очном формате с применением дистанционных образовательных технологий.

НИЯУ МИФИ выступил со-организатором программы внутрироссийской академической мобильности «ДВИЖ» пяти ведущих российских вузов: НИЯУ МИФИ, ИТМО, РУДН, РАНХиГС, ВВАТ. В осеннем семестре 2022/23 уч. г. студенты этих вузов обучались полный семестр в вузах-партнерах по индивидуальному учебному плану.

В 2022 году в рамках развития научного сотрудничества Университета и выполнения задач стратегического проекта «Релятивистская квантовая инженерия», проводимых на ускорительном комплексе NICA, научная группа Университета вступила в коллаборацию SPD (Spin Physics Detector). Таким образом, НИЯУ МИФИ представлен во всех трех экспериментах, развернутых на экспериментальном комплексе.

В рамках решения задач стратегического проекта «Ядерные энерготехнологии нового поколения и экстремальные состояния вещества» разработаны материалы для соглашения между НИЯУ МИФИ и МАГАТЭ о признании НИЯУ МИФИ центром сотрудничества Агентства. Выполнены работы по развитию сети ядерного образования STAR-NET, в том числе в рамках регионального подпроекта технической помощи

МАГАТЭ «Укрепление потенциала образовательных учреждений в области устойчивого использования ядерных технологий». Разработана совместная сетевая программа бакалавриата по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» с ДВФУ. Организована международная научно-практическая конференция молодых специалистов, ученых и аспирантов по физике ядерных реакторов Волга–2022.

С целью реализации соглашения о взаимодействии в рамках Консорциума «Лазерные исследования и технологии для промышленных, энергетических и медицинских применений» в НИЯУ МИФИ создана совместная с ООО «Лассард» (участник консорциума) лаборатория «Лазерные технологии фотоники». Партнерами лаборатории являются (члены консорциума) Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Институт лазерно-физических исследований РФЯЦ ВНИИЭФ (ГК «Росатом») и ООО «НТО «ИРЭ-Полус». Задачей лаборатории является создание высоколокализованной в РФ продукции, в частности, волоконных, твердотельных и диодных лазеров, лазерной компонентной базы, приборных решений на основе лазерного излучения.

В рамках стратегического проекта «Синхротронные, нейтронные, ускорительные и наноразмерные технологии для медицины, биологии и экологии» продолжена реализация НИОКР в области ускорителей заряженных частиц в интересах российских научных центров. Близится к завершению программа по разработке технологии производства сверхпроводящих ускоряющих резонаторов (коллаборация НИЯУ МИФИ – ОИЯИ – ФТИ НАНБ – ИЯП БГУ), предназначенных для работы в составе инжекционного комплекса коллайдера NICA. В рамках ОКР по линейному ускорителю-инжектору для комплекса СКИ РФЯЦ ВНИИЭФ завершен этап разработки рабочей конструкторской документации, с 2023 года стартует этап изготовления серийного оборудования. Продолжаются работы в интересах НИЦ «Курчатовский институт» по созданию российского источника синхротронного излучения четвертого поколения «СИЛА», в частности, завершена разработка версии магнитной структуры основного накопителя, а также заключен контракт на разработку и создание прототипа фотоинжектора электронов. Активно ведутся работы по линейным ускорителям электронов прикладного назначения. В интересах «Росатом Хэлскеа» (АО НИИТФА)

ведется разработка ускорителя на энергию 6 МэВ для лучевой терапии (проект комплекса для томотерапии «ТОРУС»). С НПП «Корад» продолжается сотрудничество по совершенствованию ускорителей технологического назначения на энергию до 10 МэВ со средней мощностью пучка выше 20 кВт и повышенным до 25-27% полным КПД.

Важнейшие научные результаты 2022 года были получены в тесной кооперации с участниками созданного в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» консорциума «Прорывные наноразмерные и ядерные медицинские технологии». Так, три активных члена консорциума, ФИАН им. П.Н. Лебедева, НМИЦ радиологии и НИЯУ МИФИ, совместно принимали участие в реализации проекта «Разработка новых технологий диагностики и лучевой терапии социально значимых заболеваний протонными и ионными пучками с использованием бинарных ядерно-физических методов» Федеральной научно-технической программы (ФНТП) развития синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры на 2019-2027 годы». Получение финансирования, в значительной мере, стало возможным благодаря сложившейся кооперации организаций, закрепленной в Соглашении о Консорциуме.

В ходе проведенных работ в НИЯУ МИФИ были разработаны и синтезированы лазерными методами новые перспективные наноформуляции на основе бора, его соединений и металлического висмута для применения в качестве сенсibilизаторов бор-нейтрон-захватной (БНЗТ) терапии, а также сенсibilизации воздействия протонными пучками на ускорителе Прометеус в г. Протвино. Проведенные работы носят пионерский характер и могут послужить основой для развития нового направления в онкологии, на текущий момент полностью опирающегося на использование технологии и оборудования российского производства. Сотрудничество в рамках данного проекта, помимо получения научных результатов мирового уровня, позволило разработать новые образовательные модули, которые были внедрены в образовательный процесс ИФИБ.

В 2022 году ведущими учеными из НИЯУ МИФИ и АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха» на базе консорциума «Радиотонные технологии цифровых и аналоговых систем нового поколения» в рамках выполнения проекта «Разработка квантового

дизайна конструкции гетероструктур для модулятора на основе управления пространственной структурой электронных состояний в асимметричных связанных квантовых ямах и сверхрешетках для увеличения электрооптического отклика» была проведена разработка конструкции создания эпитаксиальных гетероструктур для разрабатываемого электрооптического модулятора для обеспечения увеличенного электрооптического отклика и полосы модуляции. Разработаны принципиально новые конструкции гетероструктур InGaAlAs на подложках InP, обеспечивающие увеличение электрооптического эффекта до 2-х раз по сравнению с лучшими известными структурами и до 6-и раз по сравнению со стандартными структурами. Найден новый обобщенный принцип квантового дизайна конструкций структур для увеличения электрооптического эффекта за счет подходов стрейнтроники, использования асимметрии, туннельных эффектов и управляемой гибридизации дырочных состояний в напряженных гетероструктурах.

Начато сотрудничество с МГТУ им. Н.Э. Баумана и ФИАН по созданию оптико-цифровых дифракционных детекторов аберраций и кривизны волнового фронта, а также с МГТУ им. Н.Э. Баумана в области компьютерного синтеза голографических и дифракционных элементов.

Совместно с ИСВЧПЭ РАН (комплексная технология) и ИФМ РАН (измерения) впервые в России создан полностью отечественный терагерцовый квантово-каскадный лазер на частоту генерации 3.3 ТГц. Совместно с МГУ им. М.В. Ломоносова (ТГц измерения) ведется разработка плазмонных фотопроводящих антенн в качестве компактных импульсных источников терагерцового широкополосного излучения.

В рамках стратегического проекта «Кибербезопасность интеллектуальных систем и критических информационных инфраструктур» на базе совместных лабораторий с ведущими российскими разработчиками микроэлектроники и ПО, созданных в структуре Дизайн-центра микроэлектроники полного цикла MERNIUS (ИИКС НИЯУ МИФИ), стартовала прикладная работа по разработке: первого в России микроконтроллера твердотельного накопителя данных (SSD) стандарта NVMe 2.0, а также технологии SmartSSD (вычисления на стороне хранения, Data-in-Place); сетевого микропроцессора на базе архитектуры RISC-V для одного из крупнейших российских производителей телекоммуникационного оборудования; ПЛИС для отечественных



базовых станций в интересах одного из телеком-операторов большой тройки, системы ADAS 4-го уровня для беспилотных автомобилей; линейки микроконтроллеров на базе архитектуры RISC-V для отечественных систем АСУ ТП. Научные исследования и прикладные разработки проводятся совместно с ЗАО «ТимТех», ООО «Аеро Диск», ООО «Технолабс», ООО «Предприятие «ЭЛТЕКС» и др.

В рамках развития нового передового направления «Хемоинформатика и молекулярное моделирование» на базе ИИКС в тесном взаимодействии с ведущими российскими научными организациями и индустриальными партнерами ведется разработка и дизайн принципиально новых противоопухолевых препаратов, молекулярное моделирование и динамическая аннотация гистоновых лизиндеметилаз различных классов, а также разработка архитектуры первого отечественного программного пакета по молекулярному докингу. Сотрудничество по указанным проектам ведется с НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина, Уфимским федеральным исследовательским центром, ФИЦ проблем химической физики и медицинской химии РАН (г. Черноголовка), Институтом биологии гена РАН, Химическим факультетом МГУ имени М.В. Ломоносова и университетом Блеза Паскаля (г. Клермон-Ферран, Франция).

## **Достигнутые результаты при реализации проекта «Цифровая кафедра»**

На «Цифровой кафедре» обеспечена подготовка студентов НИЯУ МИФИ по программам дополнительного профессионального образования, направленным на освоение цифровых компетенций в области создания алгоритмов и программ, пригодных для практического применения, а также навыков использования и освоения цифровых технологий, необходимых для выполнения нового вида профессиональной деятельности.

При реализации проекта создана эффективная система подготовки кадров с ИТ и цифровыми компетенциями для обеспечения приоритетных отраслей экономики:

- разработаны новые практикоориентированные образовательные программы;
- на всех этапах жизненного цикла реализации проекта обеспечена интеграция с индустриальными партнерами и ИТ-компаниями;
- студенты привлекаются к решению перспективных отраслевых ИТ-задач;
- отдельное внимание при реализации программ посвящено вопросам обеспечения информационной безопасности исследуемых технологий;
- выпускники программ приобретут навыки работы с технологически независимым стеком программного обеспечения.

Подготовка студентов ведется по следующим образовательным программам:

Программы для обучающихся по специальностям и направлениям подготовки, не отнесенным к ИТ-сфере:

1. «Основы анализа данных и машинное обучение», обучается 140 человек. Целью программы является ознакомление будущих специалистов с современными математическими и алгоритмическими подходами к построению систем, обучающихся или самообучающихся по располагаемой выборке данных, а также освоение студентами практических приемов машинного обучения, выбора обучающихся моделей и алгоритмов обучения и оценки качества функционирования.

2. «Основы веб-разработки на основе современных свободных фреймворков», обучается 44 человека. Целью программы является формирование у слушателей профессиональных компетенций (на базовом уровне), необходимых для профессиональной деятельности в области разработки веб-ориентированных информационных систем.

3. «Основы разработки приложений виртуальной реальности на движке Unity», обучается 28 человек. Целью программы является формирование у слушателей компетенций (на базовом уровне), необходимых для профессиональной деятельности в области разработки приложений виртуальной реальности на движке Unity.

4. «Основы 3D-моделирования, промышленного дизайна и прототипирования в CAD/CAM/CAE», обучается 37 человек. Целью программы является формирование у слушателей компетенций (на базовом уровне), необходимых для профессиональной деятельности в области разработки физико-технических интеллектуальных систем, изделий и процессов, обладающих качественно новыми функциями, свойствами и возможностями для применения в различных областях атомной промышленности и других высокотехнологичных отраслях.

Программы для обучающихся по специальностям и направлениям подготовки, отнесенным к ИТ-сфере:

5. «Анализ данных и машинное обучение», обучается 175 человек. Полученные в ходе программы компетенции и навыки могут быть применены при использовании российского сертифицированного программного обеспечения, в том числе сервиса для распознавания речи Yandex SpeechKit Vox, сервиса DataSphere Yandex Cloud для запуска моделей машинного обучения, редактора документов «Мой офис». Указанное ПО и ряд других программных решений можно использовать на операционной системе Astra Linux, что позволяет говорить о технологической независимости будущих разработок специалистов.

6. «Веб-разработка на основе современных свободных фреймворков», обучается 81 человек. Полученные в ходе программы компетенции и навыки базируются исключительно на свободном программном обеспечении, часть которого эквивалентна российским сертифицированным аналогам (например, СУБД PostgreSQL имеет аналог СУБД Postgres Pro от отечественной компании Postgres Professional), что позволяет говорить о технологической независимости будущих разработок специалистов, прошедших обучение.

7. «Разработка приложений виртуальной реальности на движке Unity», обучается 39 человек. Программа является преемственной к основной образовательной программе высшего образования направления подготовки 09.03.04 «Программная

инженерия», профиль подготовки «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин и компьютерных сетей»; используемое программное обеспечение: пакет Blender, среда Unity, среда Substance Painter, ПО Marmoset Toolbag 4.

8. «3D-моделирование, промышленный дизайн и прототипирование в CAD/CAM/CAE», обучается 26 человек. Программа является преемственной к основной образовательной программе высшего образования направления подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», профиль подготовки «Мехатроника и робототехника в атомной промышленности»; используемое программное обеспечение: среда проектирования КОМПАС 3D, программный пакет «Логос».

Образовательные программы, по которым ведется подготовка студентов, были модернизированы по результатам полученных замечаний и прошли согласование на отраслевых рабочих группах «Информационно-коммуникационные технологии», «Энергетическая инфраструктура». Ключевые партнеры: организации реального сектора экономики и ИТ-компании, включая АО «Атомстройэкспорт», АО «Федеральный центр науки и высоких технологий «Специальное научно-производственное объединение «Элерон», ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н. Л. Духова», АО «Гринатом», ООО «Крипто-Про», ООО «Русстек», АО «Рамэк-ВС», АО «МЦСТ» и др.

На настоящий момент по программам дополнительного профессионального образования на «Цифровой кафедре» обучаются 570 студентов НИЯУ МИФИ.