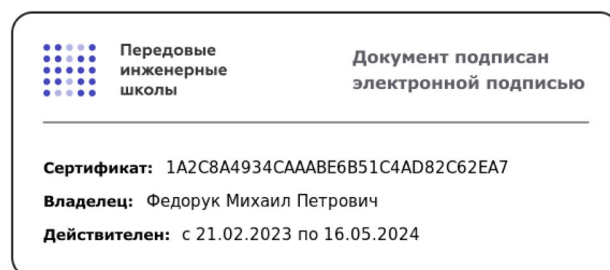


УТВЕРЖДЕНА

Новосибирский государственный
университет

Ректор

_____ / М.П.Федорук /
(подпись) (расшифровка)



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ОТЧЕТ

о реализации программы развития передовой инженерной школы
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет»

Отчетный период – 2023 год

Новосибирск, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОПИСАНИЕ ПЕРЕДОВОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ

1.1. Роль передовой инженерной школы в достижении целевой модели университета

1.2. Участие передовой инженерной школы в решении задач, соответствующих мировому уровню актуальности и значимости в приоритетных областях технологического развития Российской Федерации

2. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕДОВОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕДОВОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ

3.1. Научно-исследовательская деятельность

3.2. Деятельность в области инноваций, трансфера технологий и коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности

3.3. Образовательная деятельность

3.4. Кадровая политика

3.5. Инфраструктурная политика

4. КЛЮЧЕВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И КООПЕРАЦИИ

4.1. Взаимодействие передовой инженерной школы с высокотехнологической (-ими) компанией (-ями) и образовательными организациями высшего образования (технические вузы) для реализации в сетевом формате новых программ опережающей подготовки инженерных кадров, научно-исследовательской деятельности (включая оценку стратегии развития партнерства, деятельности управляющих органов, реализации образовательных программ и научных проектов)

4.2. Структура ключевых партнерств

5. ВЫПОЛНЕНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ СОВЕТА ПО ГРАНТАМ НА ОКАЗАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ ПЕРЕДОВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ШКОЛ

6. ПРИЛОЖЕНИЯ

1. ОПИСАНИЕ ПЕРЕДОВОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ

1.1. Роль передовой инженерной школы в достижении целевой модели университета

Новосибирский государственный университет является значимой частью экосистемы Новосибирского научного центра (ННЦ) – уникального для России территориального исследовательского и образовательного кластера, в котором успешно работает технология подготовки высококлассных исследователей: СУНЦ НГУ – НГУ – передовые институты СО РАН, выходящие на мировой научный фронт. Модель обладает высокой результативностью по многим индикаторам, но новое время требует готовности предлагать новые решения на высококонкурентном глобальном рынке – образования, исследований и инноваций. Таким образом, передовая инженерная школа НГУ (ПИШ) является важнейшим элементом трансформации НГУ от университета в виде узкоспециализированного высшего учебного заведения по подготовке исследовательских кадров к НГУ - центру научно-образовательной, технологической «экосистемы».

Текущая образовательная модель университета нацелена на подготовку элитных исследователей. Такая подготовка осуществляется на основе проектной работы, которая ведется на базе партнеров университета – институтов Сибирского отделения Российской академии наук. Модель Передовой инженерной школы НГУ переосмысливает данную модель. А именно, целью является подготовка элитных инженеров, в том числе руководителей проектов и технологических предпринимателей, подготовка которых будет осуществляться также на основе проектного подхода, но ключевыми партнерами становятся высокотехнологичные компании, в том числе пояс малых и средних компаний Технопарка новосибирского Академгородка. При этом НГУ, в рамках ПИШ, опережающим образом создает новые исследовательские компетенции, в первую очередь в прикладной повестке, объединяя ресурсы с индустрией. По сути, речь идет о создании в контуре университета исследовательских центров/лабораторий компаний-партнеров, в которые компания приносит свое видение рынка и технологических барьеров на этом рынке. Участвуя в создании такого исследовательского центра не только финансово, но, что еще более важно, и экспертно, компания становится квалифицированным заказчиком для прикладных исследований, ведущихся в данном центре, а также проводником в рынок

создаваемых в центре компетенций, продуктов, объектов интеллектуальной собственности. Такой исследовательский центр при этом является и точкой сборки образования студентов: не только студенты участвуют в реальных проектах совместно с высокотехнологическими компаниями, но и сотрудники центра разрабатывают и реализуют образовательные программы, отдельные модули, различные краткосрочные образовательные инициативы (хакатоны, воркшопы и т.д.).

Тем самым, в рамках ПИШ исходная модель обучения и исследований университета с ключевыми партнерами – академическими институтами, как местом прохождения практики студентами-исследователями, и кафедрами университета, как исключительно образовательными подразделениями, достраивается двухфакторным образом – высокотехнологичными компаниями, как партнерами для развития у студентов инженерно-предпринимательского склада, и исследовательскими центрами/лабораториями, интегрирующим с компаниями, звеном прикладных исследований и образования.

Реализация роли центра научно-технологической экосистемы требует реализации многих новых инструментов работы с рынком технологических разработок и образовательных услуг, отсутствующих в настоящее время в НГУ. Создание и апробация таких инструментов в логике современного технологического бизнеса является элементом трансформирующего действия ПИШ по изменению политик НГУ и институционализации производимых изменений. К таковым относятся новые механизмы работы с рынком по выявлению запросов на технологические и образовательные продукты, привлечению кадров, формированию и управлению проектными командами, реализацию продуктов и их продвижения в рынок. В качестве инструмента выступают современные цифровые методики планирования ресурсов, работы с клиентами, управления проектной деятельностью. Системное развитие и использование таких механизмов позволит существенно повысить эффективность и конкурентоспособность НГУ во всех направлениях деятельности.

1.2. Участие передовой инженерной школы в решении задач, соответствующих мировому уровню актуальности и значимости в приоритетных областях технологического развития Российской Федерации

В основе модели проектной деятельности ПИШ лежит механизм формирования актуальной научно-технологической повестки во взаимодействии с крупными отраслевыми предприятиями для формирования бизнес-запроса, и технологическими предпринимателями и научными организациями для формулирования технологических барьеров рынка и гипотез востребованных конечных продуктов. Создаваемые при этом в ПИШ центры компетенций реализуют технологические платформы, позволяющие через преодоление технологических барьеров выходить на создание линеек продуктов. Эта логика реализуется во всех проектных направлениях ПИШ НГУ.

Проект “Био- и геополимерные материалы экономики замкнутого цикла” нацелен на формирование научного задела и технологической основы перехода на экономику замкнутого цикла. Подход замкнутого цикла подразумевает утилизации и обезвреживания твердых неорганических отходов производства/потребления, обеспечивающих их максимальное вовлечение в хозяйственный оборот в качестве сырья для изготовления новой продукции для строительной, нефтегазовой и химической индустрии, а также биodeградируемых материалов, получаемых из возобновляемых источников сырья.

Проекты центра компетенций “Космическое приборостроение” направлены на развитие гражданских космических технологий и коммерческих сервисов на их основе, в частности развитие технологий космической связи. Также разрабатываются элементы технологии серийного производства малых космических аппаратов. Данные задачи обозначались приоритетными, в том числе, на совещании президента РФ 26.10.2023. Развитие такого сегмента, как Интернет вещей связан с потенциалом развития цифровой экономики и в целом повышает качество телекоммуникационной инфраструктуры и связность территорий РФ. Приоритеты 20а и 20е СНТР.

Проект “Технологии микрофлюидных систем для портативной медицинской диагностики” соответствует рыночным трендам повышения внимания к собственному здоровью и государственным приоритетам развития превентивной медицины. Диагностика на дому позволяет снять часть нагрузки с здравоохранения и в целом развивает подход здоровьесбережения.

Проект “Платформа рационального дизайна олигонуклеотидов” позволит создавать и повысить доступность генетических тестов, в том числе: ранняя

диагностика онкологических заболеваний, полногеномные исследования, таргетные панели, скрининг на носительство наследственных заболеваний, пренатальная диагностика, генетические предрасположенности, преимплантационное генетическое тестирование. Проект точно соответствует целям развития персонализированной и превентивной медицины. Приоритет 20в СНТР. Мегапроект “Технологии производства медицинских изделий и оборудования” из Концепции технологического развития РФ до 2030 г.

Проекты центра компетенций “Нефтегазовый инжиниринг” прямо соответствуют приоритету 20б в части повышения эффективности добычи углеводородного сырья. Кроме того, технологии мониторинга грунтов максимально востребованы промышленностью на Севере РФ в зонах деградации многолетней мерзлоты. Аварии на инженерных сооружениях последних лет свидетельствуют о необходимости подобных технологий.

2. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕДОВОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ

Основным органом управления ПИШ является Управляющий совет ПИШ. Управляющий Совет является коллегиальным органом управления, который осуществляет общее руководство деятельностью ПИШ, включая образовательную, научно-техническую, инновационную деятельности. Управляющий совет разрабатывает и утверждает Программу развития ПИШ, Годовой план развития и бюджет ПИШ. Управляющий совет разрабатывает и утверждает принципы ведения проектной деятельности в рамках ПИШ, структуру образовательных программ. Управляющий совет рассматривает проекты новых компаний-партнеров и принимает решение о целесообразности их запуска в рамках Программы развития ПИШ. Управляющий совет принимает ежегодный отчет Исполнительного директора по реализации утвержденной Программы развития ПИШ.

Состав Управляющего совета утверждается ректором университета. В Управляющий совет входят по одному представителю каждой компании-партнера, которые создали в рамках ПИШ свои научно-технологические подразделения ПИШ, представитель ректората НГУ (назначается Ректором), представитель регионального органа власти, исполнительный директор ПИШ.

Управляющий совет для проработки конкретных вопросов в рамках своих полномочий вправе создавать Комитеты, включающие как членов Управляющего совета, так и внешних экспертов в области образования, исследований, инноваций, а также при необходимости профессорско-преподавательский состав и студентов ПИШ.

Управляющий совет (НС ПИШ). Избирается на 4 года. Состав: представители НГУ, администрации НСО, партнеров ПИШ. Функции:

- Определяет стратегию развития, отраслевую направленность и ключевых партнеров ПИШ НГУ;
- Принимает отчет Исполнительного директора ПИШ НГУ;
- Назначает стимулирующие выплаты руководству ПИШ НГУ;
- Утверждает Положение о подразделениях ПИШ НГУ;

- Утверждает Годовой план развития и бюджет ПИШ НГУ;
- Принимает решения о запуске и прекращении Стратегических проектов по созданию Технологических платформ;
- Утверждает образовательные программы ПИШ НГУ.

Общее оперативное руководство ПИШ осуществляется исполнительным директором ПИШ и его заместителями. Директор назначается ректором НГУ. Директор со своим офисом ответственен за исполнение утвержденной Программы развития ПИШ, Годового плана и бюджета. Функцией офиса директора является организация и ведение образовательного процесса, организация проектной работы и практик студентов, организация форматов коллективной работы обмена практиками, содействие и мониторинг трудоустройства выпускников, организационное сопровождение ведения проектной деятельности центров компетенций ПИШ.

Центры компетенций ПИШ создаются при решении Управляющего совета инициировать новый Стратегический проект по разработке Технологической платформы. Центр компетенции создается при непосредственном участии технологического предпринимателя, начальным ядром Центра становятся исследователи и инженеры технологического партнера. Руководитель Центра назначается директором в согласовании с технологическим предпринимателем и Управляющим советом. Функции Руководителя Центра кроме ведения собственно проектной научно-технической деятельности включают в себя взаимодействие с компаниями профильного рынка, организация проектной работы студентов ПИШ в рамках инженерных проектов Центра, участие в разработке и реализации профильных образовательных программ и отдельных модулей.

Разработана организационная структура отделов.

Созданная структура управления продолжает заполняться людьми на основе отбора на рынке труда высококвалифицированных специалистов, но уже позволяет реализовать основные подходы к управлению процессами.

Инженерно-техническая и образовательная деятельность работают в проектном подходе, поддержаны инструментом Битрикс24 Корпоративный портал.

Разработка образовательных программ (ОП) ведется проектной группой при участии технологического партнера, созданной специально для конкретной ОП под управлением руководителя ОП (подробнее - в разделе “Образовательная деятельность”).

Функциональные группы (например, Группа методической подготовки, Группа PR и коммуникация) работают в сервисном режиме.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕДОВОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ

3.1. Научно-исследовательская деятельность

Проект “Технологии автоматизации мониторинга бортовых спутниковых систем с применением современных сенсорных устройств”

Общая стратегия развития проекта

Правительство РФ приоритизирует задачу развития сферы гражданского космоса, в том числе развитие средств космической связи и создания спутниковых группировок. Управление группировкой спутников требует создания бортового оборудования высокой степени надежности и автоматизации систем мониторинга бортовых систем. Проект направлен на создание технологии автоматизированного оперативного мониторинга функционирования подсистем космических аппаратов (КА) в процессе эксплуатации.

Коммерциализация проекта - через выполнение НИОКР и разработку подсистем КА, которые планируется производить в серийных количествах, и через оказание комплексной услуги разработки бортового оборудования спутников полного цикла: проектирования и изготовления, наземного и космического тестирования, мониторинг и обмен данными с подсистемами.

Отдельное внимание уделяется обеспечению достоверных метрологических свойств разрабатываемых датчиков. Внедрение и апробация новых решений проводится в ходе выполнения конкретной СЧ ОКР по заказу Головного исполнителя ОКР – завода-изготовителя конкретных КА.

Описание технологического барьера

По причине специфических условий эксплуатации КА и повышенных требований надежности становится невозможным применение в космических миссиях стандартных промышленных датчиков, что приводит к необходимости разработки собственных специализированных решений для космического применения. Более того, растущее количество диагностируемых параметров приводит к необходимости проектирования архитектуры масштабируемых телеметрических

систем, позволяющих изменять состав сенсорных средств в зависимости от потребности конкретной космической миссии.

Для проектирования оборудования необходимы знания о требованиях к бортовому оборудованию, опыт разработки космических систем, опыт организации космических экспериментов и знания о технологиях интеграции подсистем. Большинство разработчиков полезной нагрузки космических аппаратов не имеют таких компетенций и не планируют их получать самостоятельно - это трудоемко и требует длительного времени.

Описание технологической платформы

Технологическая платформа включает технологии по созданию бортовых подсистем:

- диагностику давления собственной атмосферы КА для безопасного включения высоковольтной аппаратуры (ретрансляторы, плазменные двигатели);
- технологический мониторинг суммарной накопленной дозы радиации для определения остаточного радиационного ресурса подсистем КА;
- локальный контроль температуры (до 300 точек на одном КА);
- диагностику отдельных электрических цепей КА для оперативного мониторинга электромагнитной совместимости;
- контроль за микрометеоритным воздействием на механические узлы КА (датчики вибрации);
- контроль параметров фотоэлектронных преобразователей на солнечных панелях КА (измерение вольт-амперных характеристик в реальном времени в условиях различной освещенности Солнцем);
- иные специализированные датчиковые средства для разовых орбитальных экспериментов с целью подтверждения новых инженерных решений.

Платформа также включает технологию по передаче телеметрической информации наземным системам управления спутниками или группировками.

Разработанные датчики будут внесены в государственный реестр средств измерений. Для опытных образцов датчиков для летных испытаний будет выполнена их первичная поверка. Апробация решений будет проведена в ходе летных испытаний в составе космических аппаратов.

Конкретные проекты 2022/23 гг. и описания результатов

Разработан и передан АО РЕШЕТНЕВ Прибор контроля и регистрации помех.

Создано и оснащено рабочего места для проведения наземной отработки бортовой спутниковой аппаратуры.

Продолжаются Работы по разработке, изготовлению и поставке наземных средств диагностики производимых космических аппаратов.

Привлеченные финансы

Договоры К-192, К-196, К-204 Прибор контроля и регистрации помех с АО РЕШЕТНЕВ.

Договор К-199 (этапы 1.2 и 2.3) Создание и оснащение рабочего места для проведения наземной отработки бортовой спутниковой аппаратуры.

Совокупный объем денежных средств по договорам составляет 84,37 млн.руб.

Проект “Разработка и апробация элементов сквозной технологии спутникового интернета вещей путем создания пилотных зон передачи данных из удаленных и обширных территорий”

Общая стратегия развития проекта

Актуальность обуславливается сложностью получения данных с датчиковых средств, расположенных в труднодоступных районах Земли: контейнеры при перевозках по Северному морскому пути, добыча полезных ископаемых в северных широтах, протяженные нефте- и газопроводы, системы мониторинга обширных лесных массивов. Развертывание традиционных сетей (проводные и сотовые сети) не рентабельно. Существующие спутниковые средства связи не решают задач получения телеметрии с автономных датчиков: геостационарные спутники не энергоэффективны, отечественные и зарубежные группировки на низких орбитах не предназначены задач Интернета вещей.

Предлагаемое решение – создание низкоорбитальной группировки малых космических аппаратов (МКА), специально предназначенной для организации сети Интернета вещей. Планируемый концепт должен поддерживать работу

отдельного МКА в качестве базовой станции (аналог наземной базовой станции). Спутниковая группировка также должна обеспечивать транзит данных с локальных удаленных подсетей (набор датчиков, локализованных на недоступной территории и обслуживаемых одной/несколькими базовой станцией без доступа в интернет).

Описание технологического барьера

Технологическим барьером при развертывании отечественной системы спутникового Интернета вещей является показатель покрытия территории. Этот показатель обеспечивается минимально необходимым количеством спутников. Создание группировка “Марафон” предполагает создание нескольких сотен коммуникационных спутников, что требует разработки и внедрения технологии серийного производства спутников и их компонент. На сегодняшний день практически все спутники - уникальные изделия. Проект нацелен как на создание технологии серийного производства недорого надежного коммуникационного спутникового оборудования, а также инфраструктуры обмена данными и организации коммерческого сервиса по обмену данными.

Описание технологической платформы

Технологическая платформа спутникового интернета вещей включает следующие технологии:

- технологии разработки технологических решений и их тестирования в космосе на реальных космических аппаратах,
- технология адаптации бортового коммуникационного оборудования под требования энергообеспечения МКА,
- технология разработки и производства оптимальных антенно-фидерных систем для применения на МКА;
- технология разработки логики функционирования бортового радиокомплекса в качестве подвижной базовой станции «Интернета вещей»;
- обеспечение совместимости орбитальных терминалов с существующими стандартами организации «Интернета вещей» (например, LoRaWAN);
- низкопотребляющее оборудование для “полевых” устройств, подключающихся к спутниковому интернету вещей;
- сеть наземных станций обмена данными со спутниками;

- система, реализующая полный стек функций, необходимых для организации коммерческого сервиса по обмену данными через спутниковый IoT (мониторинг оборудования, организация сеансов обмена данными со спутниками, доставка информации пользователям).

Основой для проведения перечисленных выше изысканий, кроме макетирования и прототипирования в условиях лабораторий, будет служить МКА «Норби» (разработка и производство ОАИ НГУ). Данный МКА эксплуатируется в настоящее время на низкой орбите и оснащен служебным радиокомплексом с поддержкой модуляции из семейства LPWAN.

Конкретные проекты 2022/23 гг. и описания результатов

Основным драйвером развития проекта служит проект “Марафон”, где НГУ выполняет роль разработчика полезной нагрузки космического аппарата - бортового радиокомплекса с поддержкой диапазонов УКВ, ISM и S (Модуль IoT).

Из средств ПИШ профинансирована инициативная разработка коммуникационного модуля IoT S. Модуль предназначен для установки на КА и обеспечения приема информационных пакетов от абонентского средства потребителя, их обработку и формирование единого цифрового потока и его передачу на региональную станцию сопряжения. К настоящему моменту в АО РЕШЕТНЁВ поставлен первый летный комплект “Модуля IoT” для интеграции в состав первого космического аппарата “Марафон”.

Всего данный проект реализуется на основании пяти подписанных договоров между НГУ и АО РЕШЕТНЁВ.

Сопутствующим направлением работ является проведение наземных испытаний с целью подтверждения рабочих характеристик наземных терминалов связи (для реализации функции Интернета вещей через космический сегмент). Такие работы проведены по заказу частных компаний АО ОКБ5 и АО “Норильск-Телеком”.

Собственные разработки и опыт проектирования малых космических аппаратов (МКА) позволили получить заказ на разработку четырех экспериментальных МКА. В настоящее время активно ведутся работы.

Привлеченные финансы

Совокупный объем денежных средств по указанным выше договорам составляет 452,75 млн.руб.

Проект “Платформа рационального дизайна олигонуклеотидов”

Общая стратегия развития проекта

Реализация проекта предполагает формирование базы компетенций и программно-аналитической базы для дизайна олигонуклеотидов, и анализа получаемых данных высокопроизводительного секвенирования. Проект будет реализован в несколько этапов. В 2023 году будет запроектирована лаборатория синтеза олигонуклеотидов, а также разработано биоинформатическое программное обеспечение для дизайна олигонуклеотидов и обработки данных NGS секвенирования. К 2025 году будет создана таргетная панель для диагностики онкозаболеваний, будет налажен синтез олигонуклеотидов под заданные параметры качества для диагностических исследований, будет создана программа для автоматического анализа данных NGS секвенирования, будет создана программа для разработки олигонуклеотидных зондов для таргетного секвенирования. К 2030 году будет создан ряд платформ для медико-генетической диагностики человека и животных: ранняя диагностика онкологических заболеваний, полногеномные исследования, таргетные панели, скрининг на носительство наследственных заболеваний, пренатальная диагностика, генетические предрасположенности, преимплантационное генетическое тестирование, установление отцовства и родства.

Описание технологического барьера

В настоящее время в Российской Федерации отсутствует инфраструктура для высокопроизводительного параллельного синтеза олигонуклеотидов. Это создает зависимость от зарубежных коммерческих решений и увеличивает стоимость диагностических систем, что делает их недоступными для использования в рутинной медицинской практике. Одновременно с этим, рациональный дизайн олигонуклеотидов и формирование панелей для NGS-диагностики в целом являются сложной комплексной задачей, требующей при разработке учета медико-биологических, системно-биологических и технологических факторов для получения релевантного диагностического результата.

В открытых источниках не описаны точные критерии выбора и алгоритмы для дизайна олигонуклеотидов для таргетного обогащения методом гибридной селекции для NGS секвенирования. В России отсутствует коммерчески доступное программное обеспечение для дизайна олигонуклеотидов для таргетных NGS панелей с обогащением методом гибридной селекции.

Существует множество различных программ для обработки данных NGS секвенирования, однако собрать из этих программ конвейер обработки данных (пайплайн) является сложной задачей.

Описание технологической платформы

Технологическая платформа представлена сочетанием биоинформатической и молекулярно-биологических платформ. Задачей платформы является формирование синтез олигонуклеотидов и формирование компонентной базы для таргетного обогащения и секвенирования ДНК, амплификационных библиотек, гено-инженерных работ. Основная область применения – высокопроизводительные диагностические системы, такие как системы секвенирования следующего поколения, микрочиповый анализ, мультиплексный ПЦР-анализ.

Работа платформы состоит из следующих этапов. В зависимости от композиции панели анализируемых генов производится дизайн пула олигонуклеотидов. Далее производится массовый параллельный синтез олигонуклеотидов, и их компоновка в единый коктейль в зависимости от ожидаемого типа образца и типа планируемого анализа (гибридизационное обогащение, амплификационная мультиплексная система). Для различных типов клинических образцов разрабатывается отдельный протокол выделения ДНК и РНК, сборки NGS-библиотек, и таргетного обогащения.

Будет разработана платформа для дизайна олигонуклеотидов для таргетного обогащения регионов интереса методом гибридной селекции. На вход программа будет принимать гены, мутации, координаты в геноме или последовательности регионов интереса. При помощи разработанного алгоритма программа будет подбирать олигонуклеотиды, оптимизируя критерии качества олигонуклеотидов. Олигонуклеотиды, разработанные при помощи этой программы, позволят получить максимально высокое таргетное обогащение регионов интереса при

минимальном количестве олигонуклеотидов. Для обработки данных секвенирования, полученных с использованием разработанной панели, будет использоваться пайплайн, написанный на языке Nextflow. Таким образом, при помощи этой платформы будет осуществляться весь цикл работ по разработке олигонуклеотидных панелей для таргетного NGS секвенирования, а также по обработке данных, полученных при помощи этих панелей.

Конкретные проекты 2022/23 гг. и описания результатов

Разработана версия программы для дизайна олигонуклеотидов.

На вход программа принимает следующее (один или несколько вариантов): название гена, идентификатор мутации, bed-файл с координатами региона или fasta-файл с последовательностью региона интереса. Программа выполняет дизайн олигонуклеотидов для покрытия целевых участков при помощи алгоритма, оптимизирующего следующие показатели: ГЦ-состав, температура плавления, содержание повторов, сложность (энтропия) последовательности. На выходе программа выдает excel-файл с последовательностью олигонуклеотидов и всеми характеристиками, а также графики покрытия целевых регионов олигонуклеотидами. Для программы был создан графический пользовательский интерфейс.

Разработана версия программы для анализа данных NGS секвенирования.

Был создан пайплайн обработки данных NGS секвенирования от fastq-файлов с прочтениями до excel-файла с аннотированными мутациями и html-файла с отчетом по качеству образца. Пайплайн имеет четыре варианта запуска: анализ герминальных мутаций в одном образце, анализ герминальных мутаций в трио (мать, отец, пробанд), анализ соматических мутаций в парных файлах секвенирования опухоли и нормы и анализ соматических мутаций в одном образце секвенирования опухоли. Пайплайн был протестирован во всех режимах на искусственных и реальных референсных данных. Точность (чувствительность) обнаружения мутаций (SNP, indel) во всех режимах была больше 99%. Запуск пайплайна выполняется через web-форму, разработанную в сервисе nf-tower.

Создана лаборатория полногеномных технологий для биологии и медицины

Установлено и запущено все необходимое для функционирования лаборатории оборудование. Сформирована реagentная база. Сформирован пул клинических образцов опухолей и культур опухолевых клеток человека.

Произведен дизайн и заказ тестовой NGS-панели

На основе проведенного дизайна олигонуклеотидов заказана и произведена панель для таргетного высокопроизводительного секвенирования генов BRCA1, BRCA2, CHEK2 и ATM, позволяющая выявлять различные варианты молекулярно-генетических aberrаций в этих генах, необходимых для установки точного диагноза, выбора терапии и оценки прогноза течения заболевания. Панель применима для рака молочной железы, рака яичника, рака желудка. С помощью олигонуклеотидов, входящих в состав панели были приготовлены NGS-библиотеки для клинических образцов опухолей клеточных линий.

Проведен дизайн универсальной NGS-панели для онкодиагностики

Проведен дизайн универсальной панели, включающей 56 генов, которые используются в клинической практике РФ при постановке диагноза, назначении терапии, а также в ситуациях, когда базовая линия терапии не эффективна, или диагноз требует уточнения с помощью молекулярно-генетического типирования. Гены, входящие в состав панели могут быть скомбинированы в различных сочетаниях, в зависимости от поставленной клинической задачи.

Разработка компонентной базы для приготовления NGS-библиотек

В настоящий момент в лаборатории ведутся работы по разработке наборов для фрагментации геномной ДНК и РНК, что необходимых для получения высококачественных NGS-библиотек.

Привлеченные финансы

Проект осуществляется при софинансировании индустриального партнёра ООО «Медико-биологический Союз»: предоставляется безвозмездная аренда помещений для научно-технической лаборатории, закупается мебель, оборудование, реагенты и расходные материалы.

Проект “Платформа для прототипирования микрофлюидных технологий”

Общая стратегия развития проекта

В настоящее время в практической медицине всего мира приобрели высокую актуальность направления персонализированной медицины и point-of-care диагностики. Диагностика на дому позволяет снять часть нагрузки с здравоохранения. Примером такой диагностики могут служить портативные глюкометры, позволяющие проводить быстрые самостоятельные измерения сахара у больных диабетом, и другие подобные устройства. Области медицины point-of-care требуют диагностических устройств, обладающих высокой точностью измерения, надёжностью, высокой скорости проведения анализов, которая крайне важна для point-of-care диагностики, при этом миниатюрными размерами. Проект направлен на разработку и прототипирование портативных устройств диагностики и элементов для них - тест-полосок и полимерных материалов, используемых в тест-полосках.

Описание технологического барьера

Производство микрофлюидных чипов (картриджей, тест-полосок) для point-of-care устройств требует специальных материалов – полимерных плёнок с заданными свойствами. Такие плёнки производят всего несколько заводов в мире. В России нет производств, изготавливающих данные материалы, что серьёзно ограничивает рынок point-of-care устройств в нашей стране. Этот фактор также является серьёзным технологическим барьером. Разработка и производство полимерных плёнок для изготовления микрофлюидных чипов – одна из ключевых задач проекта.

Описание технологической платформы

Реализация проекта требует создания следующих технологий.

Для микрофлюидных чипов:

- химическое и физическое модифицирование полимерных плёнок для придания свойств, необходимых в реализации конкретной технологии,

- микрофрезерование полимерных плёнок посредством обработки лазерным излучением или прецизионным тангенциальным ножом,
- технологии 3D-моделирования и 3D-печати,
- прецизионное дозирование микрообъемов жидкостей, в том числе в условиях термостатирования.

Для устройств детектирования:

- импедансометрическая детекция
- электрохимическая детекция
- оптическая детекция
- флуоресцентная детекция
- люминесцентная детекция.

Конкретные проекты 2022/23 гг. и описания результатов

1. Разработка микрофлюидной системы определения специфических антител (иммуноглобулинов класса E) к аллергенам в крови человека.

Аллергиям различной степени тяжести подвержено более 30% мирового населения, поэтому диагностика аллергий является важной задачей. В настоящее время на мировом рынке представлены устройства и наборы для определения аллергенов в крови человека (наиболее известными из них являются наборы ImmunoCap ISAC и ALEX2). Недостатком всех доступных коммерческих решений является необходимость использования сложного оборудования для проведения анализа, поэтому пациент для получения результата вынужден отправлять материал в лабораторию, что делает данные устройства недоступными для использования в отдалённых регионах, а время от выполнения анализа до получения результата при этом может занимать до нескольких недель. Это делает невозможным мониторинг состояния пациента в реальном времени. Кроме того, имеющиеся решения на сегодняшний день недоступны на российском рынке.

Ведётся разработка микрофлюидной системы для самостоятельной экспресс-диагностики аллергий, которое обеспечит получение высокоточного результата в течение нескольких минут и без привлечения лабораторий. Ожидается, что разрабатываемая система удовлетворит потребность рынка в устройстве для мониторинга течения аллергии в реальном времени, что является крайне актуальным для многих аллергиков.

Проведен анализ рынка и технических решений-аналогов, разработано техническое задание на разработку устройства.

Приобретены необходимые материалы, оборудование и реактивы.

1. Разработка микрофлюидной системы определения лактата в крови/поте человека.

Определение уровня лактата в организме является востребованным и эффективным инструментом для спортсменов при планировании тренировок и мониторинге влияния физической нагрузки на организм в реальном времени. В настоящее время на рынке представлены микрофлюидные устройства с электрохимическим детектором для определения лактата в крови. Во всех этих устройствах в качестве образца используется капиллярная кровь, что делает невозможным их применение для непрерывного мониторинга лактата в процессе тренировки. Забор образца затруднён в связи с повышенным потоотделением при выполнении физических упражнений. Кроме того, представленные на рынке устройства в настоящее время недоступны для покупки в России.

В рамках данного проекта ведётся разработка одноразового микрофлюидного устройства, закрепляемого на теле человека, для количественного экспресс-анализа лактата с использованием пота в качестве образца. Такая система позволит осуществлять непрерывный мониторинг лактата при тренировках, что является актуальной задачей для спортивной индустрии.

Проведен анализ рынка и технических решений-аналогов, разработано техническое задание на разработку устройства.

Подобран пул аллергенов для моделирования микрофлюидного устройства.

Приобретены необходимые материалы, оборудование и реактивы.

Создана и оснащена научно-техническая Лаборатория микрофлюидных технологий.

Привлеченные финансы

Проект осуществляется при софинансировании индустриального партнёра ООО «Медико-биологический Союз»: предоставляется безвозмездная аренда

помещений для научно-технической лаборатории, закупается мебель, оборудование, реагенты и расходные материалы.

Проект “Интеллектуальный анализ геофизических данных в процессах разработки полезных ископаемых”

Общая стратегия развития проекта

Одним из глобальных вызовов в стратегии развития Российской Арктики до 2035 года является интенсивное потепление мирового климата, которое оказывает негативное влияние на безопасность строительства и эксплуатации объектов капитального строительства, а также нефтегазовой и транспортной инфраструктуры в северных регионах. Более 70% перспективных месторождений на территории Российской Федерации находятся в экстремальных зонах, обусловленных наличием многолетнемерзлых грунтов. Экстремальные природно-климатические условия, отсутствие широкополосного интернета, а также особые свойства мерзлых грунтов требуют развития существующих и разработки новых методов геофизических исследований и прогноза.

Кроме того, тренды повышения энергоэффективности Российской экономики, повышения внимания к экологическим вопросам, задаче снижения карбонового следа, концепции ESG влияют на корпоративные стратегии компаний, добывающих полезные ископаемые и приоритезирует задачи автоматизации и оптимизации процессов добычи и транспортировки, создания безлюдных месторождений, создания полигонов улавливания и хранения CO₂ в пластах, автоматического контроля безопасности инженерных сооружений (трубопроводов, хранилищ). Все эти задачи нуждаются в технологии автоматизированного распределенного сбора и интеллектуальной обработки геофизических данных.

Проект направлен на создание универсальной аппаратно-программной системы сбора, анализа и интерпретации геофизических данных, составления прогноза процессов в геологической среде и рекомендаций по оптимизации технологических процессов.

Описание технологического барьера

Отсутствие технологий для непрерывного контроля состояния и цифровых моделей прогноза изменений в геологических средах с целью повышения безопасности эксплуатации и эффективности разработки месторождений.

Для управления многими процессами разведки и добычи полезных ископаемых необходимы математические модели, создаваемые на данных заданной точности и детализации. Эти данные должны быть собраны распределенными датчиками. Традиционные измерения, производимые точечными сенсорами, обладают множеством недостатков, связанных со сложностью монтажа, обеспечения энергоснабжения, получения данных. Оптоволоконные сенсоры - датчики на основе оптоволокна практически любой длины могут позволяют дешево собирать информацию о температуре (DTS) и акустических колебаниях (DAS) с обширных площадей. При этом, такие системы нуждаются в сложных методах обработки сигналов. Следующая сложность - превратить информацию о распределении температуры и вибраций в знания о грунте, его свойствах и геологических процессах. Это требует применения геофизических моделей и специально разработанных методов анализа данных.

Описание технологической платформы

Платформа включает следующие технологии:

- технология создания оптоволоконных датчиков (в том числе калибровка),
- технология анализа сигналов (встроенная в интеррогаторы), устойчивого к типам кабелей и к возмущениям аппаратной части и к условиям эксплуатации,
- технология интеллектуальной обработки и интерпретации сейсмоданных в знания о грунтах, их свойствах и процессах в них с необходимой точностью и пространственным разрешением,
- методика выбора технологий сейсмического мониторинга в конкретной задаче и на конкретном полигоне,
- программно-аппаратная платформа и технология сбора данных и предоставления доступа к ним отдельным прикладным приложениям,
- прикладное пользовательское ПО для принятия решений по оптимизации процессов на основе прогноза изменений геологической среды.

Совместно с технологическими партнерами - разработчиками сейсмодатчиков совершенствуются датчики и системы обработки (DAS- и DTS-интеррогаторы), методы обработки данных, в том числе, на основе машинного обучения, получения информации в привычном для инженеров-нефтяников виде (сейсмограммы, термограммы, шумометрия), проводятся полевые испытания.

Платформа позволит создать линейку продуктов геофизического мониторинга и поддержки принятия решений для контроля разработки и эксплуатации месторождений “под ключ” в следующих задачах:

- разработки месторождений углеводородов;
- полигонов захоронения CO₂;
- разработки месторождений твердых полезных ископаемых (уголь, рудные и т.д.);
- инфраструктурных промышленных объектов в сейсмоактивных районах и районах распространения многолетнемерзлых пород.

Конкретные проекты 2022/23 гг. и описания результатов

1. Создание прототипа системы мониторинга на базе оптоволоконных сенсоров (DTS/DAS).

Создан и запущен в эксплуатацию прототип скважинной системы мониторинга температуры на базе распределенной оптоволоконной системы Keepline-DTS. Система была развернута на территории геофизического полигона в Новосибирской области. Измерительный кабель установлен в обводненную скважину глубиной 120 метров. Запущен сервер для хранения и обработки данных, а также WEB-интерфейс для детального анализа и визуализации полученных термограмм. Система в непрерывном режиме функционирует и постоянно совершенствуется с февраля 2023 г. Результаты представлены участниками проекта на нескольких научных конференциях.

Совместно с индустриальным партнером ведется активная доработка оптоволоконной системы измерения вибраций “Keepline-DAS”. Участниками проекта создан уникальный вибрационный стенд для абсолютной калибровки оптоволоконных датчиков в частотном диапазоне от 0 до 1000 Гц. Проведены

тестовые испытания системы на обводненной скважине с использованием электроискрового источника высокочастотных продольных волн.

1. Создание прототипа системы сейсмического мониторинга месторождений углеводородов и твердых полезных ископаемых.

Создан и введен в эксплуатацию прототип системы сейсмического мониторинга месторождений на основе регистраторов D-REG с функцией потоковой передачи данных на центральный сервер обработки и анализа результатов. Разработаны и протестированы на реальных данных алгоритмы выделения целевых сигналов из непрерывного потока данных и определения времен прихода сейсмических волн на основе искусственных нейронных сетей. Реализованы WEB-интерфейсы для контроля технических параметров аппаратуры, визуализации и обработки сырых данных, а также детального анализа результатов сейсмического (микросейсмического) мониторинга. Система функционирует в непрерывном режиме на территории тестового геофизического полигона с сентября 2023 г.

1. Создание прототипа системы мониторинга многолетнемерзлых грунтов и крупных инженерных сооружений.

Разработанный прототип системы мониторинга представляет собой линейную или площадную сейсмическую расстановку и контролируемый вибрационный источник поверхностных волн с системой управления. В качестве сейсмических датчиков используются низкочастотные геофоны (5 Гц), стационарно установленные в основании исследуемого объекта. Перспективным направлением является использование распределенных оптоволоконных систем измерения вибраций (DAS). Основным преимуществом DAS перед классическими системами является возможность использования измерительного кабеля длиной до 5-10 км, что позволяет создать высокоплотную площадную систему наблюдений за сравнительно небольшие деньги. Кроме того, монтаж оптоволоконного кабеля в фундамент на этапе строительства инженерных объектов обеспечит высокую повторяемость наблюдений, что позволит точнее отслеживать изменения в геологической среде. Параллельное использование температурных DTS позволяет перейти к прогнозу процесса растепления мерзлых грунтов. В качестве вибрационного источника высокую эффективность показал портативный низкочастотный акустический преобразователь с возможностью генерации гиперболического СВИП-сигнала в полосе частот от 5 до 200 Гц. Автоматическая

обработка методом многоканального анализа поверхностных волн (MASW) подразумевает под собой расчет дисперсионных изображений с последующим решением обратной задачи по построению разреза скоростей поперечных S-волн с использованием нейронных сетей. Покадровое сопоставление скоростных разрезов в разные моменты времени позволяет отслеживать динамику изменения состояния мерзлых грунтов в основании инженерных сооружений, а также оперативно оповещать о появлении таликов с указанием их местоположения.

Система представлена на нескольких отраслевых конференциях, в частности «Нефтегазовая инфраструктура на многолетнемерзлых грунтах». Подана заявка в акселерационную программу «Газпром нефти» для развития технологических стартапов и инновационных решений в области поиска и добычи углеводородов, индустрии 4.0, капитального строительства и альтернативной энергетики.

Привлеченные финансы

Договор № НТЦ-01353-22Р-ГПН от 30.05.2022, цена - 1 129 589,55 руб.

Договор № НТЦ-00555-23Р-ГЕО от 10.04.2023, цена - 1 027 256,07 руб.

Договор № НТЦ-00867-23Р-ГЕО от 15.05.2023, цена - 2 366 375,40 руб.

Договор № НТЦ-01112-22Р-ГПН от 15.03.2022, цена - 10 127 682,20 руб.

Договор № НТЦ-01112-22Р-ГПН от 15.03.2022, цена - 5 063 841,10 руб.

Проект “Математическое моделирование и обработка данных для интенсификации нефтедобычи”

Общая стратегия развития проекта

Одной из важнейших задач обеспечения технологического суверенитета России является создание программного обеспечения для сопровождения технологических работ по нефте-газодобыче. Сложность существующих месторождений и вовлечение новых трудноизвлекаемых запасов нефти и газа (ачимовская, баженовская, доманиковская свиты, палеозойские отложения и проч.) требует не просто повторения западных программных продуктов, но и развитие собственных, отражающих специфику российских условий добычи.

Одновременно решается задача перехода отрасли на новый уровень цифровизации деятельности через перестройку структуры работы специалистов (от матричного к сквозному), работы с интегральной моделью месторождения, использования современных средств автоматизации для автономной и более эффективной разработки.

Описание технологического барьера

Современные технологии нефтедобычи из сложных коллекторов основаны на применении различных методов стимуляции пласта: гидроразыв (ГРП), химические и газовые методов увеличения нефтеотдачи (МУН) подбор оптимальных режимов работы скважин. Оптимизация разработки основана на предварительном компьютерном моделировании для выбора наилучшего дизайна, что требует развития соответствующего матаппарата и реализации в виде эффективных программных продуктов. Стратегия развития проекта нацелена на создание научно-технологического задела и реализацию программных продуктах на наиболее актуальных направлениях с учетом требований добывающих и сервисных компаний, а также анализа мировых трендов.

Основой развития наукоемких программных продуктов в нефтегазовой отрасли являются математические модели многофазных сред, физики прочности термо-поро-упругих материалов, неньютоновских жидкостей и суспензий. Компьютерное моделирование обеспечивается развитием эффективных численных методов, основанных на различных принципах, включающих как классические подходы (конечно-разностные, конечно-элементные, бессеточные методы), так и современные методы машинного обучения и гибридные алгоритмы. Для реализации в виде быстрых программных модулей необходимо развивать современные методы вычислительной линейной алгебры, алгоритмы параллельных вычислений и программно-аппаратные методики ускорения расчетов. Эффективная реализация обозначенных направлений в применении к поставленным задачам является содержанием технологического барьера.

Описание технологической платформы

В рамках технологической платформы разрабатываются следующие математические модели:

- инициация и развитие трещины гидроразрыва на нагнетающих скважинах (авто-ГРП) в термо-пороупругом пласте с учетом кольматации скважины,
- “цифровой керн” - моделирование многофазных многокомпонентных течений флюида в поровом пространстве керна,
- определение состава пластового флюида на основе газоконденсатных исследований.

Разрабатываемые модели валидируются на экспериментальных данных, полученных по результатам опытно-промышленных испытаний на объектах компании “Газпром нефть”. Созданные математические модели будут использованы при дальнейшей разработке инженерных программных продуктов и методик оптимизации разработки нефтегазовых месторождений.

Конкретные проекты 2022/23 гг. и описания результатов

По итогам 2023 года достигнуты следующие результаты:

Получена численная модель развития прямолинейной трещины авто-ГРП для пороупругого пласта с учетом влияния системы разработки (нагнетающие и добывающие скважины)

Получены продвижения в разработке модели течения трехфазного флюида (нефть-вода-газ) в поровом пространстве керна на основе приближения Навье-Стокса-Кана-Хиллиарда. Разрабатывается модель смешиваемого газовойтеснения на основе метода решеточного уравнения Больцмана.

Показана возможность определения исходного состава пластового флюида на основе теоретических методик насыщения обеднённого газа тяжелыми компонентами, данных ГКИ, а также возможность подбора параметров пласта с помощью последующей адаптации гидродинамической модели.

Привлеченные финансы

Разработка гидродинамического симулятора смешивающегося многофазного газового вытеснения на масштабе пор (цифровой модели керна).

Создание набора расчетных модулей на языке C/C++ для расчета геометрии трещины автоГРП и сопутствующих физических эффектов в рамках направления

«Научно-техническое сопровождение и выполнение опытно-промышленных и научно-исследовательских работ, технологическое развитие».

Совокупный объем привлеченных средств - около 66 млн. руб.

Проект “Анализ выбросов на нефтегазовых месторождениях”

Общая стратегия развития проекта

Современные технологии нефте-газодобычи дают возможность обеспечения практически нулевых выбросов побочных продуктов в атмосферу, тем не менее, на многих активах по-прежнему происходит сжигание попутного газа, выбросы метана и других газов. Особенно опасными являются выбросы сероводорода, ядовитые для человека. Выбросы В проекте будет разработан программно-аппаратный комплекс, позволяющий в реальном времени вести распределенный мониторинг месторождения, получать данные о выбросах различного типа газов, представлять эти данные в виде удобного ГИС-интерфейса и рассчитывать прогноз распространения облака загрязнений на период до +2 часов. Комплекс будет снабжен возможностью использования технологии LPWAN спутникового интернета вещей для передачи данных из северных регионов ил в отсутствие надежных каналов связи. Комплексное решение будет осуществляться с партнерами проекта, при этом на стороне НГУ будет адаптация систем под задачи нефтегазовой отрасли, анализ и обработка данных с сенсоров, расчет распространения облака загрязнений, разработка систем искусственного интеллекта для поддержки принятия решений, разработка системы спутниковой связи.

Описание технологического барьера

Оценка выбросов газов на месторождении осуществляется на основе инструментальных точечных замеров и математического моделирования распространения газов для возможности решения обратной задачи по оценке объема выбросов и предсказания последствий распространения облака газа. Задача включает развитие аппаратной части по созданию соответствующих сенсорных систем с соблюдением всех технологических норм (в частности, взрывозащищенность), а также разработки математических моделей

распространения возмущений с учетом текущей, прошлой и прогнозируемой метеорологической обстановки.

Описание технологической платформы

Программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий размещение различных датчиков (стационарный, мобильный, носимый) в контуре месторождения, алгоритмы обработки данных с сенсоров-газоанализаторов, сбор и передача данных (в том числе, по линиям спутниковой связи), ГИС-система для хранения и отображения информации, дашборд-система с элементами искусственного интеллекта для поддержки принятия решений. Методики проведения замеров и программный комплекс для интерпретации объема выбросов.

Конкретные проекты 2022/23 гг. и описания результатов

В 2023 году проходило обсуждение технических требований к проекту совместно с Научно-техническим центром Газпром-нефти, а также специалистами ООО “СитиЭйр” (программная часть, математическое моделирование) и ООО “СИАНТ” (аппаратная часть). На начало 2024 года планируется финализация технического задания и контрактование работ с НТЦ Газпром нефти.

Привлеченные финансы

Проект находится на стадии проработки технического задания и будет реализован при софинансировании индустриального партнера в 2024 году.

Проект “Технологическая платформа оптимизации технических устройств на основе суррогатного моделирования”

Общая стратегия развития проекта

С бурным развитием вычислительной инфраструктуры и методов компьютерного моделирования, подходы к проектированию энергетического оборудования эволюционировали от метода проб и ошибок до современных методов оптимизации и предсказания характеристик эксплуатации. Несмотря на возрастающую точность расчетно-экспериментальных методов, растет и уровень сложности проектирования необходимых изделий, стимулируя развития новых подходов. Стандартный подход инженерии сложных устройств на текущий момент

включает в себя построение оптимизационной модели, которая непрерывно взаимодействует с цифровым двойником изделия.

Современные методы машинного обучения, включая обучение с подкреплением, позволяют при помощи глубоких нейронных сетей строить эффективную суррогатную модель, которая пригодна для быстрого воспроизведения характеристик выбранной конфигурации устройства. В данном проекте будет разработана технологическая платформа для оптимизации и предиктивной аналитики работы технических устройств на базе методов машинного обучения и суперкомпьютерного моделирования с использованием суррогатного моделирования. Построенные математические модели будут положены в основу инженерных продуктов для оптимизации и анализа работы широкого спектра энергетического оборудования.

Описание технологического барьера

Задачи оптимизации технических устройств на основе моделирования физических процессов в них требует вычислительных моделей с достаточной точностью, чтобы сохранять адекватность реальной жизни, с одной стороны, и высокой скорости вычислений, с другой стороны, чтобы позволять реализовывать интерактивные методы оптимизации (например, генетические). Без ускорения моделей для интерактивных методов с заданной точностью не достаточно вычислительных ресурсов даже суперкомпьютеров.

Распространенные методы оптимизации имеют свои ограничения. Наиболее широко используемые градиентные и сопряженные методы требуют большого объема вычислений, который не гарантирует нахождение глобального оптимума. Эволюционные и многокритериальные методы более успешно решают проблему глобального оптимума, однако обладают низкой скоростью сходимости, которой недостаточно для прямого взаимодействия с блоком цифрового двойника изделия. Последнее время набирают свою популярность оптимизационные методы, основанные на построении суррогатных моделей. Наиболее примитивные полуэмпирические методы из этого класса сочетают таблично-теоретические данные и эмпирические уравнения. Проблема таких подходов заключается в необходимости построения новых эмпирических зависимостей для новых конфигураций.

Описание технологической платформы

Будет развита технологическая платформа построения суррогатных моделей технических устройств и инструменты для предиктивной аналитики на основе методов машинного обучения. Данные для построения моделей и тестирования подходов будет получен при помощи суперкомпьютерного моделирования или лабораторных измерений. Разработанные алгоритмы будут применены для оптимизации формы в том числе и компонентов газотурбинных установок. Будет проведено обширное сравнение результатов с традиционными подходами.

Конкретные проекты 2022/23 гг. и описания результатов

Выполнена НИР «Исследование возможности ускорения компьютерного моделирования за счёт применения PINN для создания начальных приближений высокой точности». PINN - нейронные сети, основанные на физике (Physics-informed neural networks), представляют собой тип универсальных аппроксиматоров функций, которые могут внедрять знания о любых физических законах, управляющих данным набором данных, в процесс обучения и могут быть описаны уравнениями в частных производных (PDE). Они преодолевают низкую доступность данных некоторых биологических и инженерных систем, из-за чего большинству современных методов машинного обучения не хватает надежности, что делает их неэффективными в этих сценариях. Предварительное знание общих физических законов действует при обучении нейронных сетей как агент регуляризации, который ограничивает пространство допустимых решений, повышая корректность аппроксимации функции. Таким образом, встраивание этой предварительной информации в нейронную сеть приводит к повышению информативности доступных данных, облегчая алгоритму обучения поиск правильного решения и хорошее обобщение даже при небольшом количестве обучающих примеров.

Показана применимость метода PINN к задаче моделирования потоков в стандартных конфигурациях (обтекание прямоугольного препятствия, канал с поворотами под прямым углом). Методика дает значительный прирост скорости вычислений при моделировании при приемлемой точности по сравнению с классическими расчетами на основе только физических моделей.

Разработан программный комплекс MULTIPINN, развитие которого позволит моделировать сложные инженерные объекты заказчиков (например, камеры авиадвигателей) с заданной точностью и высокой производительностью.

Привлеченные финансы

Договор на выполнение НИР от 08.08.2023 № ОДК/1748/08/2023/643.

Проект “Разработка оптических и оптоволоконных датчиков, систем измерения и систем мониторинга параметров инженерных систем, промышленной и гражданской инфраструктуры”

Общая стратегия развития проекта

Отрасль «Сенсорика» является передовым направлением развития науки и техники в России и во всем Мире в целом, объединяющая в себе инновации из разных областей знаний, играющая одну из ключевых ролей в повышении эффективности и развитии промышленных технологий. Оптические системы мониторинга промышленности используются в таких областях как медицина, телекоммуникации, энергетика, военное дело, криптография, авиастроение, добыча полезных ископаемых, сельское хозяйство и других. При этом потребители предъявляют все более высокие и жесткие требования к параметрам этих устройств, таких как условия эксплуатации, метрологические характеристики, быстродействие, массогабаритные характеристики, помехозащищенность, стоимость изготовления, длительность эксплуатации и др.

Стратегия развития проекта нацелена на создание научно-технологического задела, развитие технологий сенсорики, разработку и создание оптических систем мониторинга, удовлетворяющие требованиям к системе, необходимых для решения фронтальных задач Партнеров-Заказчиков.

Описание технологического барьера

Несмотря на высокую востребованность предприятиями реального сектора экономики оптических систем, осуществляющих мониторинг объектов, рынок отечественных систем практически не сформирован, а с учетом ограничения ввоза импортных комплектующих и оборудования из-за санкционной политики

недружественных стран-партнеров по внешней кооперации, существенно замедлилась разработка и развитие новых отечественных продуктов.

К основным техническим факторам, препятствующим активному научно-техническому развитию отрасли, можно отнести:

- сложность и дороговизна технологических процессов, большое разнообразие требуемого оборудования. Технология изготовления включает в себя ряд наукоемких операций, предъявляющих высокие требования к чистоте помещений, качеству используемого оборудования и материалов;
- длительный процесс проверки новых технических гипотез;
- сложности, связанные с сохранением требуемых характеристик устройства при эксплуатации чувствительных элементов датчиков в условиях агрессивных внешних воздействий;
- сложности с миниатюризацией разрабатываемых устройств;
- разнородность физических принципов и характеристик устройств, что усложняет методику их корректного сравнения и характеристики;
- нехватка квалифицированных кадров.

Описание технологической платформы

Платформа включает следующие технологии:

- создание оптоволоконно-оптических измерительных устройств и систем на их основе с использованием принципов DTS, DAS, BOTDA, BOTDR,
- алгоритмы анализа сигналов,
- сохранение требуемых характеристик устройства при эксплуатации чувствительных элементов датчиков в условиях агрессивных внешних воздействий;
- совмещение фотонных устройств с электрическими в одном чипе,
- испытания, калибровка и другая метрологическая поддержка при разработке датчиков, устройств и измерительных систем.

Платформа позволит реализовать линейку продуктов:

- системы мониторинга протяженных объектов промышленной и гражданской инфраструктуры;

- компактные и стойкие к ВВФ системы мониторинга и автоматизированного управления для авиационных двигателей, спутников и др. мобильных объектов;
- системы мониторинга для повышения эффективности добычи и транспортировки природных ресурсов;
- бесконтактные измерительные системы;
- биосенсоры и газоанализаторы для применения в медицине и экологии.

Конкретные проекты 2022/23 гг. и описания результатов

Создана научно-техническая лаборатория “Лаборатория испытаний и сертификации” волоконно-оптических приборов и датчиков. Лаборатория оснащена и может осуществлять поверку датчиков и измерительных систем по стандартам IEC.

Проведены исследования схем распределенного измерения температуры с помощью оптического волокна (Заказчик – ООО «Инверсия-Сенсор»);

Разработана КД и проведено консультирование по сборке экспериментальных образцов распределенной системы термометрии (Заказчик – ООО «СИА»);

Разработана КД на модуль системы термометрии для установки во взрывозащищенный корпус (Заказчик – ООО «ЭТРА-Спецавтоматика»);

Выполнен 1 этап проекта по разработке устройства измерения деформации и температуры протяженных объектов на основе бриллюэновского анализатора и рефлектора (BOTDA и BOTDR) – (Заказчик – АО «НПЗ»);

Согласовано ТЗ и бюджет на оптоволоконную систему мониторинга параметров авиадвигателя – АО «ОДК».

Предварительно согласованы и запланированы договора на 2024 год.

Привлеченные финансы

За 2023 год были реализованы проекты на общую сумму более 24 млн руб., путем выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для таких компаний как: АО «НПЗ», ООО «Инверсия-Сенсор», ООО «СИА», ООО «ЭТРА-Спецавтоматика».

Проект “Био- и геополимерные материалы экономики замкнутого цикла”

Общая стратегия развития проекта

Проект нацелен на формирование научного задела и технологической основы создания инновационных, технико-экономически обоснованных решений в области обработки, утилизации и обезвреживания твердых неорганических отходов производства/потребления (хвосты обогащения полезных ископаемых, отвальные породы, шлаки, шламы, зола сжигания угля и биомассы, отходы сноса зданий и сооружений), обеспечивающих их максимальное вовлечение в хозяйственный оборот в качестве сырья для изготовления новой продукции для строительной, нефтегазовой и химической индустрии, а также получения биodeградируемых материалов с использованием отечественной базы возобновляемых источников сырья, для производства продукции повседневного спроса, обеспечивающих снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Описание технологического барьера

Для биполимерных материалов технологическим барьером является обеспечение баланса между качественными показателями получаемых продуктов и изделий на их основе (главным образом, механическая прочность и барьерные свойства) и их стоимостью, а также управление сроком и степенью разложения этих материалов в окружающей среде.

Для геополимерных материалов технологическим барьером является себестоимость их производства. На сегодняшний день предложено ряд минеральных вяжущих веществ, способных в результате затворения водой или специальных щелочных или кислотных активаторов образовывать искусственный камень, однако подавляющее большинство из них не выдерживает ценовой конкуренции с цементными вяжущими. Производство цемента чрезвычайно энергоемко и занимает третье место среди промышленных эмитентов двуокиси углерода, в связи с чем разработка экономичных и устойчивых альтернативных вяжущих материалов общестроительного и специального назначения представляет собой глобальный технологический и экологический вызов в разрезе

декарбонизации цементно-бетонной индустрии как в России так и в общемировом масштабе.

Описание технологической платформы

Проект включает разработку составов и технологии получения бионанокompозитных материалов на основе природных полисахаридов с регулируемым сроком эксплуатации полностью разлагающихся в окружающей среде для применений в качестве экологичной гибкой упаковки, жесткой и полужесткой тары для хранения и транспортировки пищевых и непищевых продуктов, укрывных материалов для «умного» сельского хозяйства, медицинских и фармацевтических изделий (раневые повязки, гемодиализные мембраны, системы доставки лекарственных средств и генов, покрытия имплантов и медицинского текстиля, хирургические нити, скаффолды для тканевой инженерии и регенеративной медицины, лабораторная посуда, и др.).

Второе направление - разработка составов и технологии получения геополимерных и родственных щелоче-активированных материалов, получаемых низкотемпературной поликонденсацией тонкодисперсных алюмосиликатов в составе крупнотоннажных твердых отходов, и характеризующихся регулируемой иерархической структурой пор, высокой механической прочностью, стойкостью к воздействию высоких температур и агрессивных сред. Области практического применения: специальные бетоны и связующие (строительство подводной инфраструктуры, укрепление грунтов, ремонт и восстановление искусственных сооружений), теплозвукоизоляционные и огнеупорные пеноматериалы, барьеры для иммобилизации опасных отходов, селективные сорбенты для разделения и очистки газов и жидких сред.

Конкретные проекты 2022/23 гг. и описания результатов

Сформирован научный коллектив (10 человек, в т.ч. 9 молодых исследователей и 4 кандидата наук).

Выполнена исследовательская работа для ООО «Газпромнефть-Заполярье» по теме «Создание технологии по противоэрозионной защите грунтов планировочных насыпей и автодорог в условиях полуострова Ямал, и разработка нормативно-методического документа по ее использованию». В ходе реализации проекта оценен потенциал использования криогелей на основе водных растворов

поливинилового спирта для повышения водно-физических, прочностных и деформационных характеристик несвязных грунтов в условиях низких температур. Предложены варианты химического закрепления грунтов для защиты от водной и ветровой эрозии на основе криотропных полимеров растительного происхождения, включая эфиры целлюлозы и крахмалы, и выполнено их технико-экономическое сравнение. Отмечен потенциал использования криотропных полимеров растительного происхождения, включая водные растворы бинарных и тройных смесей этих полимеров с поливиниловым спиртом.

Запланирован с заказчиком продолжение договора в 2024 и в 2025 гг.

Привлеченные финансы

Выполнены опытно-промышленные испытания технологии в одном из дочерних обществ Газпромнефти при со-финансировании в размере 4,8 млн. руб.

3.2. Деятельность в области инноваций, трансфера технологий и коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности

По проекту автоматизации мониторинга бортовых систем разработан и передан АО РЕШЕТНЕВ Прибор контроля и регистрации помех.

Создано и оснащено рабочего места для проведения наземной отработки бортовой спутниковой аппаратуры.

Продолжаются Работы по разработке, изготовлению и поставке наземных средств диагностики производимых космических аппаратов. На предприятиях заказчика внедряются приборы разработки и производства НГУ, а также методики проведения испытаний.

В данном проекте НГУ самостоятельно выступает в роли технологического предпринимателя благодаря пониманию запросов аэрокосмической отрасли и упреждающего развития соответствующих компетенций.

ПИШ инициативно создает компоненты технологии серийного производства, для участия в будущем производстве серии спутников и оборудования для них.

В проекте интеллектуального анализа данных в процессах разработки полезных ископаемых проведена совместная разработка с ПАО Газпромнефть:

1. Способ мониторинга подземного хранилища CO₂ (патент на изобретение № 2804094, приоритет от 06.03.2023).
2. Методические рекомендации подбора оптимальных параметров возбуждения сигнала виброисточником и ПО для генерации нелинейных свипов (импортозамещение технологии западных компаний, в 2023 г. пройдена апробация во время полевых сейсморазведочных работ).

По договору с ООО “Киплайн” на основе разработки реализован сервис по скважинному мониторингу распределенными оптоволоконными датчиками (НГУ - алгоритмы анализа данных, тестирование и требования к оборудованию, ООО “Киплайн” - приборы DAS/DTS и полевые измерения).

Разрабатываемые математические модели служат основой проектирования опытно-промышленных испытаний (ОПИ) для проверки развиваемых технологий. В частности, на основании проведенного ОПИ удалось правильно интерпретировать результаты гидродинамических исследований скважин с учетом авто-ГРП в продольной системе разработки на ачимовских отложениях карамовского месторождения. Модели цифрового ядра с 2024 года идут в пробную промышленную эксплуатацию для вычисления относительных фазовых проницаемостей на низкопроницаемых ядрах объектов Газпром нефти.

Создаваемый во взаимодействии с АО “ОДК” программный пакет MULTIPINN по суррогатному моделированию остается в собственности НГУ. Партнер заинтересован в развитии методов моделирования и предиктивной аналитики, в том числе, путем выполнения работ на моделирование с использованием разработанного ПО для других заказчиков.

Планируется лицензировать программные модули моделирования и расчетов лицензировать производителям ПО инженерного проектирования и мультифизического моделирования (CAE, SPDM).

В практику работы заказчиков по направлению оптической сенсорики пошли результаты отдельных договоров:

- Обоснование вариантов схем распределенного измерения температуры;
- Комплект КД на систему излучения и детектирования (метод записи экспериментальных образцов ВБР);

- Комплект КД на распределённый волоконно-оптический датчик температуры протяженных объектов.

Разработана технология противоэрозионной защиты грунтов планировочных насыпей и автодорог в условиях полуострова Ямал на основе криополимеров в интересах “Газпромнефть-Заполярье”. На данный момент технология соответствует TRL 3. В 2024 году планируется доведение технологии до TRL 5 - разработка и испытания химического вяжущего по разработанной технологии. В 2025 году планируется доведение технологии до TRL 9 - подтверждение соответствия разработанного решения целевым требованиям (технологическим, инженерным, производственным, эксплуатационным, экологическим) и его применение на реальных объектах индустриального партнера.

Рассматриваемые формы коммерциализации РИД данной работы - внедрение в рамках деятельности заинтересованной компании - индустриального партнера (заключение лицензионного договора или отчуждения исключительного права) или внедрение через создание спин-офф компаний, в том числе с прямым или косвенным участием университета. Один из обсужденных вариантов - использование корпоративного акселератора Газпром нефти Industrix.

3.3. Образовательная деятельность

Принципы образовательной модели ПИШ НГУ

В программе развития обозначены следующие принципы модели образования:

1. При реализации образования в ПИШ применяется продуктовый и инженерный подход: исследование клиента, формирование продукта (выпускника, образовательных программ и др).
2. Цель программы развития передовых инженерных школ - массовое улучшение инженерной деятельности, поэтому необходимо: а) развитие методов / практик самой инженерии и б) создание образовательных программ, готовых к масштабированию.
3. Под “Когнитивной инженерией” мы понимаем инженерную деятельность, включающую в себя сильный рефлексивный и исследовательский контур. Это требует обязательного подпроцесса исследования передовых практик в лучших инженерных командах, экспериментирование (проверка этих практик

- на своих инжиниринговых проектах), методологическую деятельность по описанию норм, стандартов и лучших практик.
4. Исследования и инженерная деятельность вплетены в основной образовательный процесс.
 5. Инженерная деятельность в процессе образования – участие в реальных инженерных проектах ПИШ с участием технологических партнеров (крупных представителей индустрии и инновационных компаний, находящихся на фронтире технологических рынков) по созданию технологических платформ и высокотехнологичных продуктов.
 6. Будет реализована система обязательной рефлексии опыта и постоянного улучшения образовательного процесса при помощи многих коротких обратных связей.
 7. Будут инсталлированы специальные и явные практики, направленные на развитие субъектности, самоопределения, самомотивации и предприимчивости студента.
 8. Задачный и деятельностно-ориентированный подход в образовании: проблемный уровень задач (выше текущего уровня компетенций) + исследование + практика в «боевых» инженерных проектах создания новых высокотехнологичных продуктов + возможность ошибки.
 9. Сетевое взаимодействие с другими центрами передового инженерного образования.

Ключевая амбиция ПИШ - становление инженеров и проектных команд, способных к преодолению технологических вызовов общества на основе применения фундаментальных научных знаний с использованием современных методов организации и ведения научно-технологического бизнеса.

Продуктовый подход и проектное управление при создании и реализации образовательных программ (ОП) ПИШ

В основе создания и реализации образовательных программ (ОП) разных уровней лежит продуктивный подход. На этапе создания и реализации выполняются такты, аналогичные работе с созданием и выводом конкурентного продукта. Создание ОП реализуется в виде отдельного проекта, с применением современных инструментов проектного управления. Проект начинается с этапа анализа рынка и выявления дефицитов в нише, поиска и выбора партнера в реальном секторе для реализации практической (проектной) части обучения, поиск и выбор

руководителя ОП (проекта). У каждой программы есть свой бюджет, целевая аудитория, оценка емкости рынка, материально-техническое оснащение, метрики для оценки качества реализации (формируемые компетенции, готовность к выполнению трудовой деятельности, уровня удовлетворенности). В содержании каждого образовательного продукта предусмотрена деятельность, формирующая профильные навыки в отрасли.

Контур потребления ОП ПИШ - параметр, подлежащий влиянию ПИШ посредством развития деятельности по упаковке, продвижению образовательных программ и конвертации лидов в сделки в проактивном режиме.

Воронка вовлечения студентов и отбор

Для организации механизма привлечения студентов на программы ВО ПИШ осуществляется: организация мероприятий для презентации программ ПИШ, одностраничные сайты-лендинги мероприятий для студентов и программ ВО, кампании интернет продвижения, реализация индивидуальных маршрутов (для каждой программы ВО - свой маршрут) работы с абитуриентами после подачи заявки на ОП с целью повышения степени вовлеченности и лояльности к НГУ и ПИШ.

Для вовлечения студентов, информирования их о ПИШ и приглашения в магистратуру используются следующие инициативы:

- зимняя и летняя школа Технохак
- сайт ПИШ: <https://saes.nsu.ru/>
- страницы на сайте университета: <https://education.nsu.ru/petroleum/>
- специальные одностраничные сайты-лендинги образовательных программ:
- группа в соцсети VK: <https://vk.com/cognitiveengineering> и специальные группы по мероприятиям (например, по Технохаку <https://vk.com/technohack2023>),
- канал в Telegram: <https://t.me/cognitiveengineering>,
- специальные вебинары, рассказывающие абитуриентам о ПИШ и о каждой образовательной программе,
- рекламные кампании в интернет.

Отбор студентов - в несколько этапов. Для участия в Зимней или летней школы требуется пройти отбор по эссе. По результатам школ участники приглашаются в

магистратуру. Во время приемной кампании студенты проходят собеседование с руководителем образовательной программы и с представителями технологического партнера.

Создание образовательных программ

В 2023 году создано 3 программы высшего образования уровня магистратуры.

Разработано 14 программы ДПО, из них в 2023 году по 10 программам проходили обучение инженеры. Все программы ДПО разработаны в продуктивном подходе, с поиском руководителя программы - носителя компетенции, основной для данной программы ДПО.

Организация процесса создания и реализации ОП

Функциональная ответственность разнесена в два блока: проектная команда отвечает за содержание ОП, сервисное методическое сопровождение и поддержка на каждом этапе создания и реализации относятся к соответствующим отделам АУП.

Для работы с образовательными продуктами вводится роль руководителя обр.продукта (проекта), являющегося ЛПР в принятии решений, затрагивающих продукт на каждом этапе его жизненного цикла. ЛПР принимает полный набор полномочий в отношении продукта и несет всю ответственность за проектирование, наполнение, кадровый состав, упаковку и продвижение, реализацию, количество обучающихся и их уровень удовлетворенности.

Для обеспечения данных показателей РОП формирует проектную команду из числа внешних лиц (авторов, спикеров) и административного персонала ПИШ по направлениям деятельности. РОП ставит задачи и управляет деятельностью проектной команды с целью достижения плановых показателей.

Компетенции выпускников и взаимодействие с партнерами

В основе подготовки обучающихся заложен принцип развития hard компетенций в области знаний и работа над набором soft навыков (умением выстраивать продуктивную коммуникацию и профессиональный контакт с разными целевыми группами) и набором self компетенций (личностных качеств: упорство,

целеустремленность, стрессоустойчивость, рефлексия над результатами собственного труда и решений).

Набор hard-компетенций определяется проектной командой при обязательном участии и утверждении конечного результата проектирования партнерами ПИШ.

Студенты магистерских программ с первого дня обучения вовлекаются в работу над реальными (проектными) задачами партнеров образовательной программы или релевантными задачами профильным проектными командами ПИШ, входя в состав проектных команд и рабочих групп. Привлекаемые для совместной реализации магистерских программ партнеры, обеспечивают реализацию проектного результата: предоставляют пул проектных задач, выделяют куратора (наставника) для студента (группы студентов), организуют рабочее пространство/место, обеспечивают финансовую поддержку работы студента с учетом результатов труда. Таким образом, у студента два руководителя - научный (от НГУ) и куратор от партнера (или центра компетенций). ПИШ обеспечивает достижение образовательных результатов.

Студенты магистерских программ получают материальное вознаграждение, размер которого зависит от образовательных и проектных результатов. Оценка результатов проектной деятельности студентов проводится на экспертном совете по направлению подготовки по итогам каждого семестра обучения. Оценка результатов образовательной деятельности студентов проводится по итогам каждой учебной сессии.

Стажировки и знакомство с индустрией

Кроме выполнения практической работы в конкретном научно-техническом проекте студенты в период обучения формируют отраслевую направленность и выбор траектории индивидуального развития посредством участия в циклах ежемесячных встреч с представителями отрасли по направлениям подготовки ПИШ, участия в индивидуально проектируемых выездных экскурсиях на производственные и промышленные предприятия, прохождения зимних практик и летних стажировок, посещения профильных мероприятий, лидирования персональных проектов в программе заботы и наставничества.

Важным элементом построения образовательного процесса являются реализованные летние выездные стажировки с выделением гранта лучшим

студентам ПИШ. Стажировки прошли 18 студентов на предприятиях реального сектора экономики.

Стажировка вне образовательного процесса была реализована на базе трех производственных предприятий по направлению биотехнологий, приборостроения и расходных медицинских изделий. Предприятия посетило 18 студент магистерских программ ПИШ.

Развитие self и soft компетенций

Для студентов ПИШ реализуется программа заботы и развития лидерского потенциала. Программа включает групповую работу и индивидуальные встречи с тренером. Студенты развивают профиль self и soft компетенций в соответствии с ожидаемым образом компетенций выпускника ПИШ. Для каждого студента в первый семестр обучения формируется индивидуальная траектория развития своего профиля компетенций.

Магистерские программы ПИШ включают подготовку выпускной квалификационной работы под руководством научного руководителя (исследовательская компонента диплома) и проектного руководителя (инженерная/технологическая компонента диплома).

Масштабирование образования, сетевые программы, методическая деятельность

Для повышения прикладного эффекта в рамках реализации образовательных программ, ПИШ инициированы и разработаны 5 программ повышения квалификации в сетевой форме с привлечением ресурсов предприятий реального сектора экономики, образовательных организаций и научно исследовательских институтов. Среди таких программ:

1. Сетевая программа в форме курса повышения квалификации “Практическая биоинженерия”, 56 ак.часов. Реализуется в направлении биотехнологий с привлечением МТО и кадрового состава отраслевого производственного предприятия “Медико-биологический Союз”
2. Сетевая программа в форме курса повышения квалификации “Специальное космическое приборостроение”, 56 ак.часов. Реализуется с одним из

конгломератов отрасли в направлении специального космического приборостроения - АО «ОКБ Пятое поколение».

3. Сетевая программа в форме курса повышения квалификации «Геофизические системы мониторинга», 56 ак. часов. Реализуется совместно профильным техническим ВУЗом региона - Новосибирский государственный технический университет.

ПИШ НГУ в партнерстве с Фондом «Образование» и представителями компаний, НИИ и педагогического сообщества разработал и предложил на рассмотрение Министерства образования Новосибирской области модель непрерывной инженерной подготовки и профориентации школьников НСО на основе следующих принципов.

- Вовлечение и подготовка наставников проектно-инженерной-деятельности школьников, в том числе в специализированных классах из числа педагогов, студентов старших курсов и специалистов инновационных компаний.
- Профориентация и профмотивация школьников с участием наставников через систему образовательных программ и просветительских мероприятий. Популяризация инженерных профессий и фундаментальных предметов школьного образования.
- Развитие уже сформированного инженерно-технологического образовательного сообщества для консультационной и организационной поддержки проектной деятельности, а также для организации преемственности и развития образовательных и проектных результатов школьников
- Разработка и проведение образовательных программ по модели коллективных инженерных проектов, и интеграция их с существующими федеральными олимпиадными и конкурсными программами, включая Национальную технологическую олимпиаду, «Большие вызовы», программы ассоциации кружков, конкурс им. Вернадского и другие.
- Интеграция образовательного процесса и наукоемких высокотехнологичных проектов на предприятиях НСО

Для запуска этой системы рабочей группой подготовлены несколько образовательных курсов, для наставников и школьников, в частности: «Методология инженерной деятельности в образовании», «Инженерный проект со школьниками. С чего начать?», «Инновационная экосистема и

высокотехнологичная экономика Новосибирской области», «Квантовый практикум. Физика и химия». В рамках этих курсов предусмотрено руководство наставников в инженерно-технологических проектах школьников,

Интеграция представителей всех ступеней образования школьников и студентов в рамках единого проектно-образовательного процесса позволит сформировать профориентирующее и профмотивирующее сообщество и уникальную образовательную среду.

Проведены пробные занятия с более чем 50 наставниками, из которых, более половины - студенты. 34 студента на практике приняли участие в программах профориентации проводимых ПИШ для школьников.

3.4. Кадровая политика

Для реализации многих процессов с требуемым качеством и скоростью было принято решение строить кадровую структуру таким образом, чтобы иметь возможность самостоятельно функционально обеспечивать свои научно-техническую образовательную, маркетинговую и коммерческую деятельность. Поэтому некоторую функции в ПИШ дублируют аналогичные в университете. Это дает возможность тонко и с короткими обратными связями управлять бизнес-процессами. В части образовательной деятельности ПИШ стремится реализовать полный функционал факультета и далее формализоваться в университете в таком статусе.

В составе организационной структуры ПИШ выделено 4 вертикали: инженерно-технологическая, образовательная, коммерческая, административно-хозяйственная.

Образовательная вертикаль состоит из отдела, отвечающего за помощь проектным командам создавать обр.программы (ВО, ДПО, ДО) и цифровой контент для них и отдела, отвечающего за нормативное сопровождение образовательной деятельности, что позволяет иным образом управлять каждой программой. Образовательная вертикаль ПИШ содержит группу методического сопровождения для содействия в проектировании, создании обр.программ и ее методического оснащения, последующей реализации программ, а также подразделение для создания цифрового образовательного контента.

Коммерческая вертикаль состоит из отдела маркетинга и отдела продаж. Задача данных отделов в упаковке образовательных программ и активностей, связанных с продвижением продуктовой линейки и бренда ПИШ, а также в поиске целевой аудитории слушателей (для программ ДПО), целевой аудитории обучающихся (для программ ВО), удержании и развитии потенциальных клиентов (для программ ВО).

Кадровый состав отдела продаж позволяет работать с сегментом B2G (целевая функция РОП), сегментом B2B (1 менеджер - работа с крупным бизнесом, 2 менеджера - на средний и малый бизнес), сегментом B2E (1 менеджер - на работу с обр.организациями для продажи сетевых форм реализации и реализуемых в ПИШ дисциплин), 1 менеджер - на обработку входящих лидо сегмента B2C, 1 тендер менеджер - на привлечение контрактов посредством работы с рынком закупок (государственные, корпоративные, коммерческие).

Административно-хозяйственная вертикаль включает блок по работе с закупками, кадровой работе (подбор и найм, оценка персонала, развитие компетенций) и группу по автоматизации бизнес процессов.

Подбор персонала в команду АУП ПИШ базируется на принципах глубокой экспертизы в направлении деятельности, ярко выраженной субъектности в зоне функциональной ответственности, готовности проведения саморефлексии и развития закрепленной деятельности в условиях высокой неопределенности.

Повышение квалификации команды

Для повышения целевого эффекта и качества труда в рамках закрепленных функциональных обязанностей сфокусировано внимание на развитии кадровых профильных компетенций в команде ПИШ. Таким образом в течение 2023 года 109 сотрудников АУП, членов проектных команд в составе центров компетенций завершили обучение по 21 образовательной программе дополнительного профессионального образования. Среди наиболее востребованных коллективом ПИШ программ стали:

1. Основы инженерного дела;
2. Управление проектами: как правильно делать правильные вещи
3. Дополнительные главы сейсмической обработки в пакете G2
4. Развитие гибких навыков

5. Навыки публичных выступлений
6. Код образовательных программ

3.5. Инфраструктурная политика

В соответствии с программой развития и рабочим планом на 2023 год создано 4 лаборатории:

- Лаборатория полногеномных технологий для биологии и медицины.
- Лаборатория микрофлюидики.
- Лаборатория биоинформатики.
- Лаборатория испытаний и сертификации.

Лаборатории расположены на арендуемых площадях, биологические лаборатории - на площадях технологического партнера ООО “Медико-биологический союз” (безвозмездная аренда), оптическая лаборатория - в Институте автоматизации и электрометрии СО РАН, одном из ведущих мировых институтов в области оптоволоконной оптики.

Лаборатория полногеномных технологий для биологии и медицины

Направление деятельности: Лаборатории реализует цели проекта "Платформа рационального дизайна олигонуклеотидов".

Олигонуклеотидные панели – необходимый элемент, используемый в процессе таргетного высокопроизводительного (NGS) секвенирования для создания диагностических систем. Создаваемые российские технологии и подобранная реагентная база позволит создавать независимо более качественные и дешевые генетические тесты онкологических и других социально значимых заболеваний.

Цели и задачи: Разработка компонентной базы для таргетного высокопроизводительного секвенирования и подходов к рациональному дизайну таргетных ДНК- и РНК- панелей.

- Дизайн и заказ синтеза олигонуклеотидов для тестовой таргетной панели онкомаркеров.

- Проверка эффективности полученной таргетной панели на клинических образцах гистологических образцах опухолей, в сравнении с используемыми

наборами.

- Дизайн расширенной универсальной панели онкомаркеров для таргетного высокопроизводительного секвенирования.
- Формирование у студентов компетенций в области подготовки NGS-библиотек, а также в области рационального дизайна экспериментов.

Оснащение: 53 единиц оборудования на общую сумму 40 610 897 рублей, в т.ч. в 2023 году приобретено 23 единицы на сумму 7 625 871 рублей.

Лаборатория микрофлюидики

Направление деятельности: Лаборатория создана в рамках реализации проекта «Платформа для прототипирования микрофлюидных технологии». Проектирование и прототипирование микрофлюидных технологий и устройств.

Цели и задачи: 1. Оснащение лаборатории необходимым оборудованием и материалами для проведения разработок в области микрофлюидики.

1. Разработка микрофлюидной системы определения специфических антител (иммуноглобулинов класса E) к аллергенам в крови человека
2. Разработка микрофлюидной системы определения лактата в крови/поте человека

Оснащение: 13 единиц на сумму 1 756 655 рублей, все приобретено в 2023 году.

Лаборатория биоинформатики

Направление деятельности: Лаборатория реализует цели проекта «Платформа рационального дизайна олигонуклеотидов». В лаборатории разрабатывается биоинформатическое программное обеспечение для дизайна олигонуклеотидов и обработки данных NGS секвенирования.

Цели и задачи: Разработать программное обеспечение для дизайна олигонуклеотидов и обработки данных NGS секвенирования.

- Разработать программное обеспечение для дизайна проб для таргетного NGS секвенирование с обогащение методом гибридной селекции.

- Сделать user-friendly интерфейс для взаимодействия пользователя с программой, выполняющий дизайн проб.
- Разработать полностью автоматизированный пайплайн обработки данных NGS секвенирования (от fastq-файлов до vcf-файлов с мутациями) с использованием языка Nextflow.
- Подобрать условия и параметры запуска программ в пайплайне для достижения точности поиска мутаций выше 99.0%.
- Сделать user-friendly интерфейс для запуска пайплайна и обработки результатов поиска мутаций в данных секвенирования.
- Постановка компетенции создания биоинформатического ПО.

Оснащение: 4 компьютера.

Лаборатория испытаний и сертификации

Направление деятельности: Центр компетенций «Оптика и сенсорика».
Обеспечение сертификации продукции по стандартам ИЕС.

Цели и задачи: Создание и развитие технологий оптоволоконно-оптических измерительных устройств и систем на их основе с использованием принципов DTS, DAS, BOTDA, BOTDR.

Метрологические тесты и калибровка устройств для анализа оптического сигнала

Постановка компетенций студентам по работе с оптоволоконно-оптическими технологиями: создание измерительных систем, калибровка, тестирование, сертификация.

Оснащение: 12 единиц, все приобретено в 2023 году.

Информационная система, сайт, автоматизация бизнес-процессов

Разработана информационная система для управления процессами: создание и реализация образовательных программ (ВО и ДПО), выполнение заказных НИОКР, создание технологий и продуктов на их основе. Система работает на платформе Битрикс24 Корпоративный портал. Функционал кастомизированного

решения включает: представление образовательных программ на публичном сайте, возможность регистрации на них, заказа ДПО, координацию авторов образовательных курсов, составление расписание занятий, управление процессами оцифровки материалов, продвижения курсов и т.д.

Для реализации НИОКР используется функционал Управления проектами и задачами: группы, проекты, задачи, календари, групповые документы, базы знаний, ВКС, чаты.

Информационная система будет использована также для постановки компетенций студентов работы с проектами, в реальной рабочей среде.

Информационная система позволяет реализовать публичный сайт, полностью интегрированный в бизнес-процессы, а также оперативно публиковать специализированные одностраничные сайты-лендинги отдельных мероприятий или программ.

4. КЛЮЧЕВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И КООПЕРАЦИИ

4.1. Взаимодействие передовой инженерной школы с высокотехнологической (-ими) компанией (-ями) и образовательными организациями высшего образования (технические вузы) для реализации в сетевом формате новых программ опережающей подготовки инженерных кадров, научно-исследовательской деятельности (включая оценку стратегии развития партнерства, деятельности управляющих органов, реализации образовательных программ и научных проектов)

По аэрокосмическому направлению перечень партнерских организаций и их компетенций включает:

1. АО “Информационные спутниковые системы им. ак. М.Ф. Решетнева”.

Ключевой партнёр в развитии космической тематики. Синхронизация научно-технологической повестки аэрокосмической отрасли, заказы НИОКР, опытно-промышленные испытания, тематика и экспертиза проектных работ студентов и стартапов, образовательные курсы, практики студентов, кураторство, наставничество, поддержка стартапов и компаний.

1. АО «Норильск-Телеком».

Частная телекоммуникационная компания. Партнер НГУ по направлению технического обеспечения передачи данных (включая применение космического сегмента). Заказчик опытно-конструкторских работ. Формирует запрос на профессиональные инженерные кадры. Визионерские компетенции по коммерчески перспективным направлениям развития телекоммуникаций. Партнер по внедрению наукоёмких разработок

1. АО «ОКБ Пятое поколение».

Частная аэрокосмическая компания. Партнер НГУ по направлению проектирования малых космических аппаратов. Заказ и самостоятельное исполнение НИОКР. Формирует запрос на профессиональные инженерные кадры. Обеспечивают доступ к производственным мощностям Академпарка.

Визионерские компетенции по коммерчески перспективным направлениям развития. Компетенции в коммерциализации наукоёмких разработок.

1. АО «НПП Квант».

Партнер НГУ по направлению космической солнечной энергетики. Головное предприятие ГК Роскосмос по тематике солнечных фотопреобразователей. Синхронизация научно-технологической повестки по космической фотонике и фотовольтаике. Заказы НИОКР, опытно-промышленные испытания. Тематика и экспертиза проектных работ студентов и стартапов, образовательные курсы, практики студентов, кураторство, наставничество, поддержка стартапов.

1. ООО «Орбитальные системы».

Частная аэрокосмическая компания. Партнер НГУ по обеспечению попутных запусков малых космических аппаратов (транспортно-пусковые контейнеры). Тематика и экспертиза проектных работ студентов и стартапов, образовательные курсы, практики студентов, кураторство, наставничество, поддержка стартапов и компаний.

1. АО «Объединённая двигателестроительная корпорация».

Ключевой партнёр в развитии разработкам в области двигателестроения для военной и гражданской авиации, космических программ и военно-морского флота, а также нефтегазовой промышленности и энергетики. Синхронизация научно-технологической повестки современного двигателестроения. Заказы НИОКР, опытно-промышленные испытания. Тематика и экспертиза проектных работ студентов и стартапов, образовательные курсы, практики студентов, кураторство, наставничество, поддержка стартапов и компаний.

1. ООО Ситиэйр.

Партнер НГУ по применению космических технологий дистанционной сенсорики и передачи данных. Формирование технологической повестки по дистанционному зондированию состава атмосферы (воздуха). Инженерные компетенции в области газоанализа. Выполнение технологических проектов. Практическая реализация результатов проектов. Технологическое руководство проектами. Выполнение НИОКР. Предпринимательские компетенции.

В области нефтегазового инжиниринга партнерство состоит из перечисленных ниже организаций:

1. ООО “Газпромнефть - НТЦ”. Ключевой партнёр в развитии нефтегазовой тематики. Синхронизация научно-технологической повестки нефтегазовой отрасли, заказы НИОКР, опытно-промышленные испытания, тематика и экспертиза проектных работ студентов и стартапов, образовательные курсы, практики студентов, кураторство, наставничество, поддержка стартапов и компаний через внутренние фонды.
2. Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН. Научные компетенции в области геологии и геофизики, образовательные курсы, научное руководство проектами, выполнение НИОКР, предоставление оборудования и полигонов для инженерной и образовательной деятельности.
3. Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН. Научные компетенции в области моделирования нефтегазовых процессов, научное руководство проектами, выполнение НИОКР, предоставление оборудования для инженерной и образовательной деятельности.
4. АО НПФ СИАНТ. Инженерные компетенции в области метрологии и газоанализа, выполнение технологических проектов, практическая реализация результатов проектов, технологическое руководство проектами, выполнение НИОКР, предпринимательские компетенции.
5. ООО Ситиэйр. Инженерные компетенции в области газоанализа, выполнение технологических проектов, практическая реализация результатов проектов, технологическое руководство проектами, выполнение НИОКР, предпринимательские компетенции.

В области биоинжиниринга партнерская сеть будет организована на базе уже существующих горизонтальных связей НГУ с научно-технологическими компаниями, НИИ СО РАН, региональными и федеральными институтами развития. Партнерство строится на общей задаче решения критически важной задачи обеспечения науки и медицинской промышленности суверенной компонентной базой для развития технологических линеек в области диагностики, агробιοтехнологий и ветеринарии. Задача партнерства – обеспечить коллективными вложениями создание центра компетенций, способного к постоянной генерации востребованных технологических решений и передачи их партнерам для масштабирования, а также кадровое обеспечение развитие

организаций-партнеров. На первом этапе структура партнерства будет представлена следующими организациями:

1. Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН. Научные компетенции в области создания микрофлюидных диагностических устройств, высокоточного синтеза олигонуклеотидов. Научное руководство проектами, выполнение НИОКР. Предоставление инфраструктуры для организации лабораторий и образовательных пространств.
2. Институт молекулярной и клеточной биологии СО РАН. Научные компетенции в области создания диагностических систем, продуктов на основе олигонуклеотидов. Научное руководство проектами, выполнение НИОКР. Предоставление инфраструктуры для организации лабораторий и образовательных пространств.
3. Группа компаний «Медико-биологический Союз». Инженерные компетенции в области диагностических продуктов. Технологическое руководство проектами, выполнение НИОКР. Предпринимательские компетенции. Предоставление инфраструктуры для организации образовательных пространств. Участие в разработке и реализации образовательных программ. Внедрение в производство результатов проектов.
4. Инфраструктурный центр HealthNet Национальной Технологической Инициативы (Фонд Технопарк Новосибирского Академгородка). Предпринимательские компетенции. Организация менторского сопровождения для проектных команд. Участие в разработке и реализации образовательных программ. Технологическая и рыночная экспертиза результатов проектов. Поиск и привлечение новых технологических партнеров. Интеграция проектов ПИШ в Дорожную карту развития рынка HealthNet НТИ.

Институт автоматизации и электрометрии СО РАН (ИАиЭ СО РАН) – ключевой партнер Платформы оптического мониторинга объектов, работающий в условиях экстремальных воздействующих факторов». Научно-технические и инженерные компетенции в оптике и электронике. Совместно с ИАиЭ СО РАН осуществляются научно-исследовательские проекты (выполняются НИР, НИОКР). Институтом, в том числе, осуществляется научное руководство проектами, предоставляется оборудование для исследований и образовательной деятельности.

ИАиЭ СО РАН предоставлены площади для размещения лабораторий и офиса Платформы.

Совместно с ИАиЭ СО РАН было проведено обучение сотрудников ИСС им Решетнева по программе повышения квалификации: «Основы оптоволоконной оптики», разработанной Платформой совместно с ИАиЭ СО РАН.

ИАиЭ СО РАН является также образовательной площадкой Платформы: магистранты направления «Космическое и специальное приборостроение» проходят производственную практику в ИАиЭ СО РАН. Курс данного магистерского направления «Волоконная оптика» читается в ИАиЭ СО РАН (Бабин С.А.).

4.2. Структура ключевых партнерств

Структура партнерств описана в п. 4.1

5. ВЫПОЛНЕНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ СОВЕТА ПО ГРАНТАМ НА ОКАЗАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ ПЕРЕДОВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ШКОЛ

В 2023 году были получены рекомендации НИЯУ МИФИ по доработке программы развития ПИШ и добавления раздела о работе со школьниками.

Предложения о внесении изменений в программу развития ПИШ (от 31.05.2023 г.) в части подраздела 4.3.5 «Участие школьников в деятельности передовой инженерной школы в целях ранней профессиональной ориентации», представленные в приложении к Заключению, выполнены в соответствии с Рекомендациями, разработанными НИЯУ МИФИ.

Значения характеристики Р10(к) «Количество школьников, принявших участие в деятельности передовых инженерных школ в целях ранней профессиональной ориентации» по годам, представленные в приложении к Заключению, соответствуют Рекомендациям, разработанным НИЯУ МИФИ, при условии, что они не подразумевают «нарастающий итог».

Представленные предложения одобрены.

Приложение № 1
к п. 3.1. предварительного
отчета о реализации программы
развития передовой инженерной
школы

Информация о реализуемых научных проектах в передовой инженерной школе

№ п/п	Наименование научного проекта	Дата начала	Основные достигнутые результаты реализации проекта	Наименование партнера(-ов)
1	Платформа рационального дизайна олигонуклеотидов	25.08.2022	<p>Разработана версия программы для дизайна олигонуклеотидов.</p> <p>На вход программа принимает следующее (один или несколько вариантов): название гена, идентификатор мутации, bed-файл с координатами региона или fasta-файл с последовательностью региона интереса. Программа выполняет дизайн олигонуклеотидов для покрытия целевых участков при помощи алгоритма, оптимизирующего следующие показатели: ГЦ-состав, температура плавления, содержание повторов, сложность (энтропия) последовательности. На выходе программа выдает excel-файл с последовательностью олигонуклеотидов и всеми характеристиками, а также графики покрытия целевых регионов олигонуклеотидами. Для программы был создан графический пользовательский интерфейс.</p> <p>Разработана версия программы для анализа данных NGS секвенирования.</p> <p>Был создан пайплайн обработки данных NGS секвенирования от fastq-файлов с прочтениями до excel-файла с аннотированными мутациями и html-файла с отчетом по качеству образца. Пайплайн имеет четыре варианта запуска: анализ герминальных мутаций в одном образце,</p>	БИОЛИНК ООО (5408174940) ГЕНОМЕД ООО (7701759381) ИХБФМ СО РАН (5408100233)

№ п/п	Наименование научного проекта	Дата начала	Основные достигнутые результаты реализации проекта	Наименование партнера(-ов)
			<p>анализ герминальных мутаций в трио (мать, отец, пробанд), анализ соматических мутаций в парных файлах секвенирования опухоли и нормы и анализ соматических мутаций в одном образце секвенирования опухоли. Пайплайн был протестирован во всех режимах на искусственных и реальных референсных данных. Точность (чувствительность) обнаружения мутаций (SNP, indel) во всех режимах была больше 99%. Запуск пайплайна выполняется через web-форму, разработанную в сервисе pf-tower.</p> <p>Создана лаборатория полногеномных технологий для биологии и медицины</p> <p>Установлено и запущено все необходимое для функционирования лаборатории оборудование. Сформирована реагентная база. Сформирован пул клинических образцов опухолей и культур опухолевых клеток человека.</p> <p>Произведен дизайн и заказ тестовой NGS-панели</p> <p>На основе проведенного дизайна олигонуклеотидов заказана и произведена панель для таргетного высокопроизводительного секвенирования генов BRCA1, BRCA2, CHEK2 и ATM, позволяющая выявлять различные варианты молекулярно-генетических aberrаций в этих генах, необходимых для установок точного диагноза, выбора терапии и оценки прогноза течения заболевания. Панель применима для рака молочной железы, рака яичника, рака желудка. С помощью олигонуклеотидов, входящих в состав панели были приготовлены NGS-библиотеки для клинических образцов опухолей клеточных линий.</p> <p>Проведен дизайн универсальной NGS-панели для онкодиагностики</p> <p>Проведен дизайн универсальной панели, включающей 56 генов, которые используются в клинической практике РФ при постановке</p>	

№ п/п	Наименование научного проекта	Дата начала	Основные достигнутые результаты реализации проекта	Наименование партнера(-ов)
			<p>диагноза, назначении терапии, а также в ситуациях, когда базовая линия терапии не эффективна, или диагноз требует уточнения с помощью молекулярно-генетического типирования. Гены, входящие в состав панели могут быть скомбинированы в различных сочетаниях, в зависимости от поставленной клинической задачи.</p> <p>Разработка компонентной базы для приготовления NGS-библиотек</p> <p>В настоящий момент в лаборатории ведутся работы по разработке наборов для фрагментации геномной ДНК и РНК, что необходимых для получения высококачественных NGS-библиотек.</p>	
2	Платформа оптического мониторинга объектов, работающих в условиях экстремальных воздействующих факторов	15.06.2023	<p>Создана научно-техническая лаборатория “Лаборатория испытаний и сертификации” волоконно-оптических приборов и датчиков. Лаборатория оснащена и может осуществлять поверку датчиков и измерительных систем по стандартам IEC.</p> <p>Проведены исследования схем распределенного измерения температуры с помощью оптического волокна (Заказчик – ООО «Инверсия-Сенсор»);</p> <p>Разработана КД и проведено консультирование по сборке экспериментальных образцов распределенной системы термометрии (Заказчик – ООО «СИА»);</p> <p>Разработана КД на модуль системы термометрии для установки во взрывозащищенный корпус (Заказчик – ООО «ЭТРА-Спецавтоматика»);</p> <p>Выполнен 1 этап проекта по разработке устройства измерения деформации и температуры протяженных объектов на основе Brillouin-анализатора и рефлектора (BOTDA и BOTDR) – (Заказчик – АО «НПЗ»);</p>	

№ п/п	Наименование научного проекта	Дата начала	Основные достигнутые результаты реализации проекта	Наименование партнера(-ов)
			<p>Согласовано ТЗ и бюджет на оптоволоконную систему мониторинга параметров авиадвигателя – АО «ОДК».</p> <p>Предварительно согласованы и запланированы договоры на 2024 год.</p> <p>За 2023 год были реализованы проекты на общую сумму более 24 млн руб., путем выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для таких компаний как: АО «НПЗ», ООО «Инверсия-Сенсор», ООО «СИА», ООО «ЭТРА-Спецавтоматика».</p> <p>В практику работы заказчиков пошли такие работы как:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Обоснование вариантов схем распределенного измерения температуры; • Комплект КД на систему излучения и детектирования (метод записи экспериментальных образцов ВБР); • Комплект КД на распределённый волоконно-оптический датчик температуры протяженных объектов. 	
3	<p>Платформа технологий вовлечения в хозяйственный оборот вторичных ресурсов. Автономная энергетика, био и геополлимерные материалы экономики замкнутого цикла</p>	15.06.2023	<p>Сформирован научный коллектив (10 человек, в т.ч. 9 молодых исследователей и 4 кандидата наук).</p> <p>Выполнена исследовательская работа для ООО «Газпромнефть-Заполярье» по теме «Создание технологии по противозерозионной защите грунтов планировочных насыпей и автодорог в условиях полуострова Ямал, и разработка нормативно-методического документа по ее использованию». В ходе реализации проекта оценен потенциал использования криогелей на основе водных растворов поливинилового спирта для повышения водно-физических, прочностных и деформационных характеристик несвязных грунтов в условиях низких температур. Предложены варианты химического закрепления укреплений грунтов для защиты от водной и ветровой эрозии на основе</p>	

№ п/п	Наименование научного проекта	Дата начала	Основные достигнутые результаты реализации проекта	Наименование партнера(-ов)
			<p>криотропных полимеров растительного происхождения, включая эфиры целлюлозы и крахмалы, и выполнено их технико-экономическое сравнение. Отмечен потенциал использования криотропных полимеров растительного происхождения, включая водные растворы бинарных и тройных смесей этих полимеров с поливиниловым спиртом.</p> <p>Запланировано с заказчиком продолжение договора в 2024 и в 2025 гг.</p>	
4	Технологическая платформа оптимизации технических устройств на основе суррогатного моделирования	01.12.2022	<p>Выполнена НИР «Исследование возможности ускорения компьютерного моделирования за счёт применения PINN для создания начальных приближений высокой точности». PINN - нейронные сети, основанные на физике (Physics-informed neural networks), представляют собой тип универсальных аппроксиматоров функций, которые могут внедрять знания о любых физических законах, управляющих данным набором данных, в процесс обучения и могут быть описаны уравнениями в частных производных (PDE). Они преодолевают низкую доступность данных некоторых биологических и инженерных систем, из-за чего большинству современных методов машинного обучения не хватает надежности, что делает их неэффективными в этих сценариях. Предварительное знание общих физических законов действует при обучении нейронных сетей как агент регуляризации, который ограничивает пространство допустимых решений, повышая корректность аппроксимации функции. Таким образом, встраивание этой предварительной информации в нейронную сеть приводит к повышению информативности доступных данных, облегчая алгоритму обучения поиск правильного решения и хорошее обобщение даже при небольшом количестве обучающих примеров.</p> <p>Показана применимость метода PINN к задаче моделирования потоков в стандартных конфигурациях (обтекание прямоугольного препятствия, канал с поворотами под прямым углом). Методика дает значительный прирост скорости вычислений при моделировании при приемлемой</p>	ИТ СО РАН (5408100040) ОДК АО (7731644035)

№ п/п	Наименование научного проекта	Дата начала	Основные достигнутые результаты реализации проекта	Наименование партнера(-ов)
			<p>точности по сравнению с классическими расчетами на основе только физических моделей.</p> <p>Разработан программный комплекс MULTIPINN, развитие которого позволит моделировать сложные инженерные объекты заказчиков (например, камеры авиадвигателей) с заданной точностью и высокой производительностью.</p> <p>Договор на выполнение НИР от 08.08.2023 № ОДК/1748/08/2023/643.</p> <p>Создаваемый программный пакет остается в собственности НГУ.</p> <p>Партнер заинтересован в развитие методов моделирования и предиктивной аналитики, в том числе, путем выполнения работ на моделирование с использованием разработанного ПО для других заказчиков.</p> <p>Планируется лицензировать программные модули моделирования и расчетов лицензировать производителям ПО инженерного проектирования и мультифизического моделирования (CAE, SPDM).</p>	
5	Платформа для прототипирования микрофлюидных технологий	01.09.2022	<p>1. Разработка микрофлюидной системы определения специфических антител (иммуноглобулинов класса E) к аллергенам в крови человека.</p> <p>Аллергиям различной степени тяжести подвержено более 30% мирового населения, поэтому диагностика аллергий является важной задачей. В настоящее время на мировом рынке представлены устройства и наборы для определения аллергенов в крови человека (наиболее известными из них являются наборы ImmunoCap ISAC и ALEX2). Недостатком всех доступных коммерческих решений является необходимость использования сложного оборудования для проведения анализа, поэтому пациент для получения результата вынужден отправлять материал в лабораторию, что делает данные устройства</p>	<p>МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ СОЮЗ ООО (5408010614) ИХБФМ СО РАН (5408100233) МБС - ТЕХНОЛОГИЯ ООО (5408011142)</p>

№ п/п	Наименование научного проекта	Дата начала	Основные достигнутые результаты реализации проекта	Наименование партнера(-ов)
			<p>недоступными для использования в отдалённых регионах, а время от выполнения анализа до получения результата при этом может занимать до нескольких недель. Это делает невозможным мониторинг состояния пациента в реальном времени. Кроме того, имеющиеся решения на сегодняшний день недоступны на российском рынке.</p> <p>Ведётся разработка микрофлюидной системы для самостоятельной экспресс-диагностики аллергий, которое обеспечит получение высокоточного результата в течение нескольких минут и без привлечения лабораторий. Ожидается, что разрабатываемая система удовлетворит потребность рынка в устройстве для мониторинга течения аллергии в реальном времени, что является крайне актуальным для многих аллергиков.</p> <p>Проведен анализ рынка и технических решений-аналогов, разработано техническое задание на разработку устройства.</p> <p>Приобретены необходимые материалы, оборудование и реактивы.</p> <p>2. Разработка микрофлюидной системы определения лактата в крови/поте человека.</p> <p>Определение уровня лактата в организме является востребованным и эффективным инструментом для спортсменов при планировании тренировок и мониторинге влияния физической нагрузки на организм в реальном времени. В настоящее время на рынке представлены микрофлюидные устройства с электрохимическим детектором для определения лактата в крови. Во всех этих устройствах в качестве образца используется капиллярная кровь, что делает невозможным их применение для непрерывного мониторинга лактата в процессе тренировок. Забор образца затруднён в связи с повышенным потоотделением при выполнении физических упражнений. Кроме того,</p>	

№ п/п	Наименование научного проекта	Дата начала	Основные достигнутые результаты реализации проекта	Наименование партнера(-ов)
			<p>представленные на рынке устройства в настоящее время недоступны для покупки в России.</p> <p>В рамках данного проекта ведётся разработка одноразового микрофлюидного устройства, закрепляемого на теле человека, для количественного экспресс-анализа лактата с использованием потоа в качестве образца. Такая система позволит осуществлять непрерывный мониторинг лактата при тренировках, что является актуальной задачей для спортивной индустрии.</p> <p>Проведен анализ рынка и технических решений-аналогов, разработано техническое задание на разработку устройства.</p> <p>Подобран пул аллеленов для моделирования микрофлюидного устройства.</p> <p>Приобретены необходимые материалы, оборудование и реактивы.</p> <p>3. Создана и оснащена научно-техническая Лаборатория микрофлюидных технологий.</p>	
6	Интеллектуальный анализ геофизических данных в процессах разработки полезных ископаемых	01.08.2022	<p>1. Создание прототипа системы мониторинга на базе оптоволоконных сенсоров (DTS/DAS).</p> <p>Создан и запущен в эксплуатацию прототип скважинной системы мониторинга температуры на базе распределенной оптоволоконной системы Keerline-DTS. Система была развернута на территории геофизического полигона в Новосибирской области. Измерительный кабель установлен в обводненную скважину глубиной 120 метров. Запущен сервер для хранения и обработки данных, а также WEB-интерфейс для детального анализа и визуализации полученных термограмм. Система в непрерывном режиме функционирует и постоянно совершенствуется с февраля 2023 г. Результаты</p>	<p>ГАЗПРОМНЕФТЬ НТЦ ООО (7838395487)</p> <p>СИАНТ АО НПФ (5408147190)</p> <p>ИАИЭ СО РАН (5408100032)</p>

№ п/п	Наименование научного проекта	Дата начала	Основные достигнутые результаты реализации проекта	Наименование партнера(-ов)
			<p>представлены участниками проекта на нескольких научных конференциях.</p> <p>Совместно с индустриальным партнером ведется активная доработка оптоволоконной системы измерения вибраций “Keerline-DAS”.</p> <p>Участниками проекта создан уникальный вибрационный стенд для абсолютной калибровки оптоволоконных датчиков в частотном диапазоне от 0 до 1000 Гц. Проведены тестовые испытания системы на обводненной скважине с использованием электроискрового источника высокочастотных продольных волн.</p> <p>1. Создание прототипа системы сейсмического мониторинга месторождений углеводородов и твердых полезных ископаемых.</p> <p>Создан и введен в эксплуатацию прототип системы сейсмического мониторинга месторождений на основе регистраторов D-REG с функцией потоковой передачи данных на центральный сервер обработки и анализа результатов. Разработаны и протестированы на реальных данных алгоритмы выделения целевых сигналов из непрерывного потока данных и определения времен прихода сейсмических волн на основе искусственных нейронных сетей. Реализованы WEB-интерфейсы для контроля технических параметров аппаратуры, визуализации и обработки сырых данных, а также детального анализа результатов сейсмического (микросейсмического) мониторинга. Система функционирует в непрерывном режиме на территории тестового геофизического полигона с сентября 2023 г.</p> <p>1. Создание прототипа системы мониторинга многолетнемерзлых грунтов и крупных инженерных сооружений.</p>	

№ п/п	Наименование научного проекта	Дата начала	Основные достигнутые результаты реализации проекта	Наименование партнера(-ов)
			<p>Разработанный прототип системы мониторинга представляет собой линейную или площадную сейсмическую расстановку и контролируемый вибрационный источник поверхностных волн с системой управления. В качестве сейсмических датчиков используются низкочастотные геофоны (5 Гц), стационарно установленные в основании исследуемого объекта. Перспективным направлением является использование распределенных оптоволоконных систем измерения вибраций (DAS). Основным преимуществом DAS перед классическими системами является возможность использования измерительного кабеля длиной до 5-10 км, что позволяет создать высокоплотную площадную систему наблюдений за сравнительно небольшие деньги. Кроме того, монтаж оптоволоконного кабеля в фундамент на этапе строительства инженерных объектов обеспечит высокую повторяемость наблюдений, что позволит точнее отслеживать изменения в геологической среде. Параллельное использование температурных DTS позволяет перейти к прогнозу процесса растепления мерзлых грунтов. В качестве вибрационного источника высокую эффективность показал портативный низкочастотный акустический преобразователь с возможностью генерации гиперболического СВИП-сигнала в полосе частот от 5 до 200 Гц. Автоматическая обработка методом многоканального анализа поверхностных волн (MASW) подразумевает под собой расчет дисперсионных изображений с последующим решением обратной задачи по построению разреза скоростей поперечных S-волн с использованием нейронных сетей. Покадровое сопоставление скоростных разрезов в разные моменты времени позволяет отслеживать динамику изменения состояния мерзлых грунтов в основании инженерных сооружений, а также оперативно оповещать о появлении таликов с указанием их местоположения.</p> <p>Система представлена на нескольких отраслевых конференциях, в частности «Нефтегазовая инфраструктура на многолетнемерзлых</p>	

№ п/п	Наименование научного проекта	Дата начала	Основные достигнутые результаты реализации проекта	Наименование партнера(-ов)
			<p>грунтах». Подана заявка в акселерационную программу «Газпром нефти» для развития технологических стартапов и инновационных решений в области поиска и добычи углеводородов, индустрии 4.0, капитального строительства и альтернативной энергетики.</p> <p>Договор № НТЦ-01353-22Р-ГПН от 30.05.2022, цена - 1 129 589,55 руб.</p> <p>Договор № НТЦ-00555-23Р-ГЕО от 10.04.2023, цена - 1 027 256,07 руб.</p> <p>Договор № НТЦ-00867-23Р-ГЕО от 15.05.2023, цена - 2 366 375,40 руб.</p> <p>Договор № НТЦ-01112-22Р-ГПН от 15.03.2022, цена - 10 127 682,20 руб.</p> <p>Договор № НТЦ-01112-22Р-ГПН от 15.03.2022, цена - 5 063 841,10 руб.</p> <p>Трансфер технологий:</p> <p>Совместная разработка с ПАО Газпромнефть:</p> <ol style="list-style-type: none"> Способ мониторинга подземного хранилища CO2 (патент на изобретение № 2804094, приоритет от 06.03.2023). Методические рекомендации подбора оптимальных параметров возбуждения сигнала виброисточником и ПО для генерации нелинейных свипов (импортозамещение технологии западных компаний, в 2023 г. пройдена апробация во время полевых сейсморазведочных работ). 	
7	Математическое моделирование процессов интенсификации нефтедобычи	01.08.2022	<p>По итогам 2023 года достигнуты следующие результаты</p> <ul style="list-style-type: none"> Получена численная модель развития прямолинейной трещины авто-ГРП для поропругого пласта с учетом влияния системы разработки (нагнетающие и добывающие скважины) 	<p>ГАЗПРОМНЕФТЬ НТЦ ООО (7838395487)</p> <p>СИАНТ АО НПФ (5408147190)</p> <p>ИГИЛ СО РАН (5408100064)</p> <p>ННТЦ ООО (5408294187)</p>

№ п/п	Наименование научного проекта	Дата начала	Основные достигнутые результаты реализации проекта	Наименование партнера(-ов)
			<ul style="list-style-type: none"> • Получены продвижения в разработке модели течения трехфазного флюида (нефть-вода-газ) в поровом пространстве керна на основе приближения Навье-Стокса-Кана-Хиллиарда. Разрабатывается модель смешиваемого газовойтеснения на основе метода решеточного уравнения Больцмана. • Показана возможность определения исходного состава пластового флюида на основе теоретических методик насыщения обеднённого газа тяжёлыми компонентами, данных ГКИ, а также возможность подбора параметров пласта с помощью последующей адаптации гидродинамической модели. <p>Разработка гидродинамического симулятора смешивающегося многофазного газового вытеснения на масштабе пор (цифровой модели керна).</p> <p>Создание набора расчетных модулей на языке C/C++ для расчета геометрии трещины автоГРП и сопутствующих физических эффектов в рамках направления «Научно-техническое сопровождение и выполнение опытно-промышленных и научно-исследовательских работ, технологическое развитие».</p> <p>Совокупный объем привлеченных средств - около 66 млн. руб.</p> <p>Разрабатываемые модели служат основой проектирования опытно-промышленных испытаний (ОПИ) для проверки развиваемых технологий. В частности, на основании проведенного ОПИ удалось правильно интерпретировать результаты гидродинамических исследований скважин с учетом авто-ГРП в продольной системе разработки на ачимовских отложениях карамовского месторождения. Модели цифрового керна с 2024 года идут в пробную промышленную эксплуатацию для вычисления относительных фазовых</p>	

№ п/п	Наименование научного проекта	Дата начала	Основные достигнутые результаты реализации проекта	Наименование партнера(-ов)
			проницаемостей на низкопроницаемых кернах объектов Газпром нефти.	
8	Технологии автоматизации мониторинга бортовых спутниковых систем с применением современных сенсорных устройств	01.07.2022	<p>Разработан и передан АО РЕШЕТНЕВ (новое название АО "ИСС") Прибор контроля и регистрации помех.</p> <p>Создано и оснащено рабочее места для проведения наземной отработки бортовой спутниковой аппаратуры.</p> <p>Продолжаются Работы по разработке, изготовлению и поставке наземных средств диагностики производимых космических аппаратов.</p> <p>Договоры К-192, К-196, К-204 Прибор контроля и регистрации помех с АО РЕШЕТНЕВ.</p> <p>Договор К-199 (этапы 1.2 и 2.3) Создание и оснащение рабочего места для проведения наземной отработки бортовой спутниковой аппаратуры.</p> <p>Совокупный объем денежных средств по договорам составляет 84,37 млн.руб.</p> <p>В данном проекте НГУ самостоятельно выступает в роли технологического предпринимателя благодаря пониманию запросов аэрокосмической отрасли и упреждающего развития соответствующих компетенций.</p> <p>ПИИШ инициативно создает компоненты технологии серийного производства, для участия в будущем производстве серии спутников и оборудования для них.</p>	<p>ИСС АО (2452034898)</p> <p>НПО ЛАВОЧКИНА АО (5047196566)</p> <p>ОДК АО (7731644035)</p>
9	Разработка и апробация элементов сквозной технологий спутникового интернета вещей	01.07.2022	<p>Основным драйвером развития проекта служит проект "Марафон", где НГУ выполняет роль разработчика полезной нагрузки космического</p>	<p>ИСС АО (2452034898)</p> <p>НОРИЛЬСК-ТЕЛЕКОМ АО</p>

№ п/п	Наименование научного проекта	Дата начала	Основные достигнутые результаты реализации проекта	Наименование партнера(-ов)
	<p>путем организации пилотных зон передачи данных из удаленных и обширных</p>		<p>аппарата - бортового радиокомплекса с поддержкой диапазонов УКВ, ISM и S (Модуль IoT).</p> <p>Из средств ПИШ профинансирована инициативная разработка коммуникационного модуля IoT S. Модуль предназначен для установки на КА и обеспечения приема информационных пакетов от абонентского средства потребителя, их обработку и формирование единого цифрового потока и его передачу на региональную станцию сопряжения. К настоящему моменту в АО РЕШЕГНЁВ поставлен первый летный комплект "Модуля IoT" для интеграции в состав первого космического аппарата "Марафон".</p> <p>Всего данный проект реализуется на основании пяти подписанных договоров между НГУ и АО РЕШЕГНЁВ.</p> <p>Сопутствующим направлением работ является проведение наземных испытаний с целью подтверждения рабочих характеристик наземных терминалов связи (для реализации функции Интернета вещей через космический сегмент). Такие работы проведены по заказу частных компаний АО ОКБ5 и АО "Норильск-Телеком".</p> <p>Собственные разработки и опыт проектирования малых космических аппаратов (МКА) позволили получить заказ на разработку четырех экспериментальных МКА. В настоящее время активно ведутся работы.</p> <p>Совокупный объем денежных средств по указанным выше договорам составляет 452,75 млн.руб.</p> <p>Трансфер технологий:</p> <p>Модуль IoT S (инициативная разработка НГУ) принят в качестве компонента коммуникационного КА группировки "Марафон".</p>	<p>(2457067199) АО ОКБ5 (5408022874)</p>

№ п/п	Наименование научного проекта	Дата начала	Основные достигнутые результаты реализации проекта	Наименование партнера(-ов)
			<p>Компании АО ОКБ5 и АО “Норильск-Телеком” протестировали использование технологии IoT LoRaWan.</p> <p>Предприятиях заказчика оснащают космические аппараты приборами разработки НГУ.</p>	
10	Анализ выбросов на нефтегазовых месторождениях		Срок реализации научного проекта не запланирован программой развития в текущем отчетном периоде	<p>ГАЗПРОМНЕФТЬ НТЦ ООО (7838395487)</p> <p>СИАНТ АО НПФ (5408147190)</p> <p>ИГИЛ СО РАН (5408100064)</p> <p>СИТИЭЙР ООО (7731400381)</p>

Приложение № 2
к п. 3.3. предварительного
отчета о реализации программы
развития передовой инженерной
школы

Информация о внедренных образовательных программах высшего образования и дополнительных профессиональных программах в передовой инженерной школе

№ п/п	Наименование образовательной программы	Уровень подготовки	Направление подготовки	Дата начала реализации	Наименование партнера(-ов)	Кол-во обучающихся на программе
1	Космическое и специальное приборостроение	магистратура	03.04.02	01.09.2023	ИСС АО (2452034898) ОРБИТАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ООО (7842110416) НПП КВАНТ АО (7717585042) АО ОКБ5 (5408022874) ГЛАВКОСМОС АО (7707769361) НПО ЛАВОЧКИНА АО (5047196566) ГОСКОРПОРАЦИЯ "РОСКОСМОС" (7702388027)	4
2	Моделирование нефтегазовых систем	магистратура	05.04.01	01.09.2022	ГАЗПРОМ НЕФТЬ ПАО (5504036333) ГАЗПРОМНЕФТЬ НТЦ ООО (7838395487) СИАНТ АО НПФ	12

№ п/п	Наименование образовательной программы	Уровень подготовки	Направление подготовки	Дата начала реализации	Наименование партнера(-ов)	Кол-во обучающихся на программе
3	Нефтяной инжиниринг и математическое моделирование	магистратура	01.04.03	01.09.2022	(5408147190) ННТЦ ООО (5408294187) ИГИЛ СО РАН (5408100064) ИНГГ СО РАН (5408240311)	20
4	IT-геофизика	магистратура	05.04.01	01.09.2022	ГАЗПРОМНЕФТЬ НТЦ ООО (7838395487) СИАНТ АО НПФ (5408147190) ГАЗПРОМ НЕФТЬ ПАО (5504036333) ИНГГ СО РАН (5408240311) ННТЦ ООО (5408294187) ИГИЛ СО РАН (5408100064)	15
5	Когнитивная инженерия	Срок реализации программы не запланирован программой	00.00.00		ГАЗПРОМНЕФТЬ НТЦ ООО (7838395487) СИАНТ АО НПФ (5408147190)	0

№ п/п	Наименование образовательной программы	Уровень подготовки	Направление подготовки	Дата начала реализации	Наименование партнера(-ов)	Кол-во обучающихся на программе
		развития в текущем отчетном периоде			БИОЛИНК ООО (5408174940) МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ СОЮЗ ООО (5408010614) ГАЗПРОМ НЕФТЬ ПАО (5504036333) ИГИЛ СО РАН (5408100064) ИНГГ СО РАН (5408240311) ГЕНОМЕД ООО (7701759381) ИАИЭ СО РАН (5408100032) МБС - ТЕХНОЛОГИЯ ООО (5408011142) ИХБФМ СО РАН (5408100233)	
6	Научный инжиниринг	Срок реализации программы не запланирован программой развития в текущем отчетном периоде	00.00.00		ГАЗПРОМНЕФТЬ НТЦ ООО (7838395487) СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ, СКОЛТЕХ (5032998454) УНИВЕРСИТЕТ СИРИУС, АНО ОВО УНИВЕРСИТЕТ СИРИУС, УНИВЕРСИТЕТ	0

№ п/п	Наименование образовательной программы	Уровень подготовки	Направление подготовки	Дата начала реализации	Наименование партнера(-ов)	Кол-во обучающихся на программе
					СИРИУС, НТУ СИРИУС АНО ВО (2367010021)	
7	Искусственный интеллект и прикладной инжиниринг	Срок реализации программы не запланирован программой развития в текущем отчетном периоде	00.00.00		СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ, СКОЛТЕХ (5032998454) ГАЗПРОМНЕФТЬ НТЦ ООО (7838395487) УНИВЕРСИТЕТ СИРИУС, АНО ОВО УНИВЕРСИТЕТ СИРИУС, УНИВЕРСИТЕТ СИРИУС, НТУ СИРИУС АНО ВО (2367010021)	0

Приложение № 3
к п. 3.3. предварительного
отчета о реализации программы
развития передовой инженерной
школы

**Информация об участии школьников в деятельности передовой инженерной школы в целях ранней
профессиональной ориентации**

№ п/п	Наименование мероприятия	Группа мероприятия	Вид мероприятия	Направление деятельности ПИИП	Период реализации	Описание мероприятия
1	Экскурсия к технологическому предпринимателя	Профориентационные мероприятия для школьников	посещение профильных выставок, фестивалей, конференций	Био, Гео, Космос, Оптика, Экология	23.11.2023 - 23.11.2023	В рамках экскурсий к технологическим предпринимателям: компании «ГАРС», ООО «ВИЛЬДЕ МЕХАНИКС», ООО «LOGEEKS» участники посетили Центр технологического обеспечения, познакомились с производственным и логистическими процессами, прототипированием, обработке сырья и др.
2	Вебинары	Образовательная деятельность	вебинары	Вебинары	11.12.2023 - 20.12.2023	Серия специализированных исследовательско-

№ п/л	Наименование мероприятия	Группа мероприятия	Вид мероприятия	Направление деятельности ПИИЦ	Период реализации	Описание мероприятия
3	Сетевые исследовательские проекты «Петрофизика», «Рост кристаллов», «Биоинженерные технологии»	Образовательная деятельность	дистанционное обучение	Био, Гео	22.11.2023 - 26.11.2023	В рамках сетевых исследовательских проектов «Петрофизика», «Рост кристаллов», «Биоинженерные технологии» школьные команды, возглавляемые наставниками, разработали свои научные проекты, а после – представили их на итоговой онлайн-конференции.
4	Серия профориентационных вебинаров	Профориентационные мероприятия для школьников	он-лайн коммуникации ПИИЦ-школьники / профориентационная работа в социальных сетях	Био, Гео, Космос, Оптика, Экология	04.12.2023 - 20.12.2023	Серия профориентационных вебинаров, посвященных инженерии и подготовке инженеров будущего. В рамках вебинаров эксперты ПИИЦ НГУ рассказали о том, какие специализации бывают у инженеров и какие задачи

№ п/л	Наименование мероприятия	Группа мероприятия	Вид мероприятия	Направление деятельности ПИИЦ	Период реализации	Описание мероприятия
5	<p>Национальная технологическая олимпиада по профилю «Цифровое месторождение». Национальная технологическая олимпиада по профилю «Геномное редактирование»</p>	Профильные олимпиады	олимпиада	Био, Гео	05.09.2023 - 14.12.2023	<p>они выполняют, как и чему учиться, чтобы стать высокочлассным инженером и превращать фантастику в реальность, что такое «Передовая инженерная школа НГУ» и какие методики для подготовки инженеров в ней применяют.</p> <p>НТО по профилям «Цифровое месторождение» и «Геномное редактирование» представляет собой командные инженерные соревнования для школьников и студентов. В рамках НТО с помощью современных технологий участники решают задачи, поставленные государственными компаниями, лидерами технологических отраслей, прорывными</p>

№ п/л	Наименование мероприятия	Группа мероприятия	Вид мероприятия	Направление деятельности ПИИ	Период реализации	Описание мероприятия
						технологическими компаниями.
6	Научно-профессиональный лагерь «Наставник будущего»	Инженерная/проектная подготовка	профильные/проектные смены	Био, Гео, Космос, Оптика	25.07.2023 - 29.07.2023	<p>Научно-профессиональный лагерь «Наставник будущего» направлен на подготовку студентов-наставников в инженерной и исследовательской деятельности для школьников 7-9 классов.</p> <p>В рамках обучения студенты получили опыт работы в качестве помощника научных руководителей по направлениям: химия, физика, биология, геология и прошли обучение по программе дополнительного профессионального образования «Подготовка наставников в инженерной и исследовательской деятельности школьников».</p>

№ п/л	Наименование мероприятия	Группа мероприятия	Вид мероприятия	Направление деятельности ПИИШ	Период реализации	Описание мероприятия
7	Практические занятия с наставниками	Образовательная деятельность	практические занятия	Био, Гео	08.12.2023 - 20.12.2023	Серия практических занятий с наставниками, посвященная погружению школьника в мир высоких технологий, изучению возможностей технического творчества и построению карьерных перспектив ребенка.
8	Осенний день открытых дверей ПИИШ	Профориентационные мероприятия для школьников	день открытых дверей в ПИИШ	Био, Гео, Космос, Оптика, Экология	05.11.2023 - 05.11.2023	В рамках мероприятия участники познакомились с деятельностью ПИИШ НГУ и ресурсами Университета, а также узнали, как и когда проходит приемная кампания НГУ, на какие направления подготовки ведется набор, какие компетенции востребованы сегодня у работодателей.

Приложение № 4
к предварительному отчету о
реализации программы развития
передовой инженерной школы

Информация о созданных на базе передовой инженерной школы специальных образовательных пространств

№ п/п	Наименование специального образовательного пространства	Вид специального образовательного пространства	Дата создания	Направление деятельности	Оснащение специального образовательного пространства	Описание ключевых результатов
1	Центр VR и визуализации научных данных в инженерных задачах	интерактивный комплекс опережающей подготовки	05.12.2022	Разработка программного обеспечения для создания виртуальных моделей и визуализации научных данных в инженерных задачах. Разрабатываемые продукты - база виртуальных геолого-геофизических моделей и учебный симулятор работы с геофизической аппаратурой.	1. Система виртуальной реальности HTC Vive Focus 3, 2. системный блок Smart Office, 3. UHD телевизор LG (диагональ 65 дюймов)	1. VR-модель карьера для разработки месторождений твердых полезных ископаемых с размещением систем мониторинга процесса добычи полезных ископаемых, с функционалом управления и масштабирования. 2. VR-модель месторождения углеводородов для интерактивного анализа с отображением и подрузкой данных разного типа (сейсмические кубы, атрибуты, горизонты,

№ п/п	Наименование специального образовательного пространства	Вид специального образовательного пространства	Дата создания	Направление деятельности	Оснащение специального образовательного пространства	Описание ключевых результатов
2	Лаборатория полногеномных технологий для биологии и медицины.	лаборатория	10.11.2023	Лаборатории реализует цели проекта "Платформа рационального дизайна олигонуклеотидов". Олигонуклеотидные панели – необходимый элемент, используемый в процессе таргетного высокопроизводительного (NGS) секвенирования для создания диагностических систем. Создаваемые российские технологии и подобранная реагентная база позволит создавать независимо более качественные и дешевые генетические тесты онкологических и других социально значимых заболеваний.	47 единиц оборудования	<p>скважинные данные и т.д.) с функционалом управления и масштабирования.</p> <p>- Разработана тестовая таргетная панель, включающая гены BRCA1, BRCA2, CHEK2, ATM. Получена компонентная база для формирования библиотек на основе данного набора. Из клинических образцов биоптатов опухолей сформированы NGS-библиотеки на основе таргетной панели. Аналогичные библиотеки сформированы на основе стандартных коммерческих панелей. Проведено секвенирование полученных библиотек и сравнительный биоинформатический анализ. - Проведен дизайн универсальной таргетной NGS-панели,</p>

№ п/п	Наименование специального образовательного пространства	Вид специального образовательного пространства	Дата создания	Направление деятельности	Оснащение специального образовательного пространства	Описание ключевых результатов
						<p>включающей 56 онкомаркеров, анализ которых применим в клинической практике для постановки диагноза и определения тактики лечения 10 наиболее распространенных в РФ и в мире онкологических заболеваний (включая рак молочной железы, рак легких, рак предстательной железы, рак яичника, рак желудка). - Студенты направления получили навыки подготовки NGS-библиотек и таргетного обогащения NGS-библиотек, могут самостоятельно выполнять указанный тип работ.</p>
3	Лаборатория биоинформатики	лаборатория	10.11.2023	Лаборатория реализует цели проекта «Платформа рационального дизайна олигонуклеотидов». В лаборатории разрабатывается	4 системных блока (iRU), 8 мониторов (Бештау), 4 комплекта клавиатура + мышь	<p>Была создана программа для дизайна олигонуклеотидов – OligoDesigner. На вход программа принимает следующее (один или</p>

№ п/п	Наименование специального образовательного пространства	Вид специального образовательного пространства	Дата создания	Направление деятельности	Оснащение специального образовательного пространства	Описание ключевых результатов
				<p>биоинформатическое программное обеспечение для дизайна олигонуклеотидов и обработки данных NGS секвенирования.</p>		<p>несколько вариантов): название гена, идентификатор мутации, bed-файл с координатами региона или fasta-файл с последовательностью региона интереса. Программа выполняет дизайн олигонуклеотидов для покрытия целевых участков при помощи алгоритма, оптимизирующего следующие показатели: ГЦ-состав, температура плавления, содержание повторов, сложность (энтропия) последовательности. На выходе программа выдает excel-файл с последовательностью олигонуклеотидов и всеми характеристиками, а также графики покрытия целевых регионов олигонуклеотидами. Для программы был создан</p>

№ п/п	Наименование специального образовательного пространства	Вид специального образовательного пространства	Дата создания	Направление деятельности	Оснащение специального образовательного пространства	Описание ключевых результатов
						<p>графический пользовательский интерфейс. Был создан пайплайн обработки данных NGS секвенирования от fastq-файлов с прочтениями до excel-файла с аннотированными мутациями и html-файла с отчетом по качеству образца. Пайплайн имеет четыре варианта запуска: анализ герминальных мутаций в одном образце, анализ герминальных мутаций в трио (мать, отец, пробанд), анализ соматических мутаций в парных файлах секвенирования опухоли и нормы и анализ соматических мутаций в одном образце секвенирования опухоли. Пайплайн был протестирован во всех режимах на искусственных и</p>

№ п/п	Наименование специального образовательного пространства	Вид специального образовательного пространства	Дата создания	Направление деятельности	Оснащение специального образовательного пространства	Описание ключевых результатов
						реальных рефересных данных. Точность (чувствительность) обнаружения мутаций (SNP, indel) во всех режимах была > 99%. Запуск пайплайна выполняется через web-форму, разработанную в сервисе pf-tower.
4	Лаборатория микрофлюидики	лаборатория	10.11.2023	Лаборатория создана в рамках реализации проекта «Платформа для прототипирования микрофлюидных технологий». Разработки в области микрофлюидных технологий, проектирование и прототипирование микрофлюидных устройств.	12 единиц лабораторного оборудования	Закуплено, установлено в лабораторию и введено в эксплуатацию оборудование; лаборатория оснащена всем необходимым и подготовлена к работе; подобран пул аллельнов для моделирования микрофлюидного устройства; На основе анализа литературы выбран метод детектирования для микрофлюидного устройства определения лактата.
5	Лаборатория тестирования и	лаборатория	10.11.2023	Центр компетенций «Оптика и сенсорика»	22 единицы оборудования	Сформирован портфель проектов по сенсорике и

№ п/п	Наименование специального образовательного пространства сертификации	Вид специального образовательного пространства	Дата создания	Направление деятельности Обеспечение сертификации продукции по стандартам ИЕС	Оснащение специального образовательного пространства	Описание ключевых результатов фотонике. Закуплено оборудование для лаборатории по поверке волоконно-оптических приборов и датчиков по стандартам ИЕС. Оснащена лаборатория. Проведены исследования схем распределенного измерения температуры с помощью оптического волокна. Разработано КД и проведено консультирование по сборке экспериментальных образцов распределенной системы термометрии. Разработана КД на модуль системы термометрии для установки во взрывозащищенный корпус. Выполнен 1 этап проекта по разработке устройства измерения деформации и температуры протяженных объектов на основе бриллиантового
-------	---	--	---------------	--	--	---

№ п/п	Наименование специального образовательного пространства	Вид специального образовательного пространства	Дата создания	Направление деятельности	Оснащение специального образовательного пространства	Описание ключевых результатов
						<p>анализатора и рефлектора (BOTDA и BOTDR). Согласовано Т3 на систему оптоволоконную систему мониторинга параметров авиадвигателя. Заключены договоры с индустриальными партнёрами.</p>

Приложение № 5
к предварительному отчету о
реализации программы развития
передовой инженерной школы

Результаты предоставления грантов

Индекс	Наименование результата	Ед. измерения	Плановое значение на 31.12.2023 г.	Фактическое значение на 01.12.2023	Исполнение, %
ПР(ПИШ1)	Создание передовых инженерных школ в партнерстве с высокотехнологичными компаниями и поддержка программ их развития	ед	0	1	100
ПР(ПИШ2)	Проведение повышения квалификации и (или) профессиональной переподготовки, в том числе в форме стажировки на базе высокотехнологичных компаний, управленческих команд и профессорско-преподавательского состава передовых инженерных школ и образовательных организаций высшего образования, реализующих образовательные программы инженерного профиля по специальностям и направлениям подготовки высшего образования для подготовки инженерных кадров	чел	75	99	132
ПР(ПИШ3)	Прохождение студентами, осваивающими программы магистратуры («технологическая магистратура»), практик и (или) стажировок вне рамок образовательного процесса, в том числе в формате работы с наставниками, за счет предоставленных грантов	чел	10	26	260

Приложение № 6
к предварительному отчету о
реализации программы развития
передовой инженерной школы

Характеристики (показатели, необходимые для достижения результатов предоставления гранта)

Индекс	Наименование результата	Ед. измерения	Плановое значение на 31.12.2023 г.	Фактическое значение на 01.12.2023	Исполнение, %
p1(а)	Количество разработанных и внедренных новых образовательных программ высшего образования для опережающей подготовки инженерных кадров и дополнительных профессиональных программ по актуальным научно-технологическим направлениям и «сквозным» цифровым технологиям, обеспеченных интерактивными комплексами опережающей подготовки	ед	2	17	850
p2(б)	Увеличение числа обучающихся по образовательным программам высшего образования для опережающей подготовки инженерных кадров и дополнительным профессиональным программам по актуальным научно-технологическим направлениям и сквозным цифровым технологиям передовой инженерной школы за счет развития сетевой формы обучения в образовательных организациях, в которых не созданы передовые инженерные школы	%	15.5	29.9	192.9
p3(в)	Численность инженеров, прошедших обучение по программам дополнительного профессионального образования в передовых инженерных школах (чел.)	чел	50	61	122
p4(г)	Количество обучающихся, прошедших обучение в передовой инженерной школе по образовательным программам высшего образования и дополнительным профессиональным программам, трудоустроившихся в российские высокотехнологичные компании и на предприятия	чел	21	95	452.38
p5(д)	Количество созданных на базе передовой инженерной школы специальных образовательных пространств (научно-технологические и экспериментальные	ед	2	3	150

Индекс	Наименование результата	Ед. измерения	Плановое значение на 31.12.2023 г.	Фактическое значение на 01.12.2023	Исполнение, %
	лаборатории, опытные производства, оснащенные современным высокотехнологичным оборудованием, высокопроизводительными вычислительными системами и специализированным прикладным программным обеспечением, цифровые, «умные», виртуальные (кибер-физические) фабрики, интерактивные комплексы опережающей подготовки инженерных кадров на основе современных цифровых технологий)				
р6(е)	Отношение внебюджетных средств к объему финансового обеспечения программы развития передовой инженерной школы, предусмотренного на создание передовой инженерной школы в партнерстве с высокотехнологичными компаниями и поддержку указанной программы за счет средств федерального бюджета	%	25	24.6	98.4
р7(ж)	Объем финансирования, привлеченного передовой инженерной школой на исследование и разработки в интересах бизнеса	тыс. руб.	220000	120480.795	54.76
р8(з)	Рост количества регистрируемых результатов интеллектуальной деятельности образовательной организации высшего образования, на базе которой создана передовая инженерная школа	%	3.8	161.5	4250
р9(и)	Количество студентов, прошедших практику и (или) стажировку вне рамок образовательного процесса, в том числе в формате работы с наставниками, обучающихся по программам магистратуры технологического профиля	чел	17	26	152.94
р10(к)	Количество школьников, принявших участие в деятельности передовых инженерных школ в целях ранней профессиональной ориентации	чел	390	192	49.23

Приложение № 7
к предварительному отчету о
реализации программы развития
передовой инженерной школы

Финансовое обеспечение программы развития передовой инженерной школы

№ п/п	Источник финансирования	Ед. измерения	Плановое значение на 31.12.2023 г.	Фактическое значение на 01.12.2023 г.
1	Внебюджетные источники	тыс. руб.	200000	8791.55
2	Иные средства федерального бюджета	тыс. руб.	0	0
3	Средства иностранных источников	тыс. руб.	0	0
4	Средства местных бюджетов	тыс. руб.	0	0
5	Средства субъекта Российской Федерации	тыс. руб.	20000	0
6	Средства федерального бюджета	тыс. руб.	800000	115324.87
ИТОГО, тыс. руб.			1020000	124116.42

Приложение № 8
к предварительному отчету о
реализации программы развития
передовой инженерной школы

Перечень высокотехнологичных компаний, в партнерстве с которыми осуществляется деятельность передовой инженерной школы

№ п/п	ИНН	Полное наименование компаний	Объем привлеченных средств на 01.12.2023 г., тыс. руб.			Перечень совместных продуктов/проектов/программ
			Всего	Объем финансирования мероприятий реализации программы развития	Объем финансирования, привлеченного на исследования и разработки в интересах бизнеса	
1	5406559430	ГЕОЛОГИКА АО	0	0	0	Образовательные проекты: 1. Нефтяной инжиниринг и математическое моделирование.
2	2452034898	ИСС АО	0	0	0	Научные проекты: 1. Технологии автоматизации мониторинга бортовых спутниковых систем с применением современных сенсорных устройств. 2. Разработка и апробация элементов сквозной технологий спутникового интернета вещей путем организации пилотных зон передачи данных из удаленных и обширных территорий.
3	5408010614	МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ СОЮЗ ООО	0	0	0	Научные проекты:

№ п/п	ИНН	Полное наименование компании	Объем привлеченных средств на 01.12.2023 г., тыс. руб.			Перечень совместных продуктов/проектов/программ
			Всего	Объем финансирования мероприятий программы развития	Объем финансирования, привлеченного на исследование и разработки в интересах бизнеса	
						1. Платформа для прототипирования микрофлюидных технологий.
4	7707769361	ГЛАВКОСМОС АО	0	0	0	Образовательные проекты: 1. Космическое и специальное приборостроение.
5	5408100032	ИАИЭ СО РАН	0	0	0	Научные проекты: 1. Интеллектуальный анализ геофизических данных в процессах разработки полезных ископаемых.
6	5504036333	ГАЗПРОМ НЕФТЬ ПАО	4918.26	4918.26	0	Образовательные проекты: 1. Искусственный интеллект и прикладной инжиниринг. 2. Моделирование нефтегазовых систем.
7	5032998454	СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ, СКОЛТЕХ	0	0	0	...
8	5408011142	МБС - ТЕХНОЛОГИЯ ООО	0	0	0	...

№ п/п	ИНН	Полное наименование компании	Объем привлеченных средств на 01.12.2023 г., тыс. руб.			Перечень совместных продуктов/проектов/программ
			Всего	Объем финансирования мероприятий программы развития	Объем финансирования, привлеченного на исследование и разработки в интересах бизнеса	
9	7714186804	ТЕХКОМПАНИЯ ХУАВЭЙ ООО	0	0	0	...
10	7731400381	СИТИЭЙР ООО	0	0	0	...
11	5406632264	ПРАВИТЕЛЬСТВО НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ	0	0	0	...
12	2457067199	НОРИЛЬСК-ТЕЛЕКОМ АО	0	0	0	Научные проекты: 1. Разработка и апробация элементов сквозной технологий спутникового интернета вещей путем организации пилотных зон передачи данных из удаленных и обширных территорий.
13	5408022874	АО ОКБ5	0	0	0	Образовательные проекты: 1. Космическое и специальное приборостроение.
14	5047196566	НПО ЛАВОЧКИНА АО	0	0	0	Научные проекты: 1. Технологии автоматизации мониторинга бортовых спутниковых систем с применением современных сенсорных устройств.
15	5408174940	БИОЛИНК ООО	0	0	0	Научные проекты:

№ п/п	ИНН	Полное наименование компании	Объем привлеченных средств на 01.12.2023 г., тыс. руб.			Перечень совместных продуктов/проектов/программ
			Всего	Объем финансирования обеспечения реализации мероприятий программы развития	Объем финансирования, привлеченного на исследование и разработки в интересах бизнеса	
						1. Платформа рационального дизайна олигонуклеотидов.
16	5408294187	ННТЦ ООО	0	0	0	<p>Научные проекты:</p> <p>1. Математическое моделирование процессов интенсификации нефтедобычи.</p> <p>Образовательные проекты:</p> <p>1. Моделирование нефтегазовых систем.</p> <p>2. Нефтяной инжиниринг и математическое моделирование.</p>
17	5408100040	ИТ СО РАН	0	0	0	<p>Научные проекты:</p> <p>1. Технологическая платформа оптимизации технических устройств на основе суррогатного моделирования.</p>
18	7717585042	НПП КВАНТ АО	0	0	0	<p>Образовательные проекты:</p> <p>1. Космическое и специальное приборостроение.</p>
19	7701759381	ГЕНОМЕД ООО	0	0	0	<p>Научные проекты:</p> <p>1. Платформа рационального дизайна олигонуклеотидов.</p>

№ п/п	ИНН	Полное наименование компании	Объем привлеченных средств на 01.12.2023 г., тыс. руб.			Перечень совместных проектов/программ
			Всего	Объем финансирования мероприятий программы развития	Объем финансирования, привлеченного на исследование и разработки в интересах бизнеса	
20	5408100233	ИХБФМ СО РАН	0	0	0	<p>Научные продукты/проекты/программ</p> <p>1. Платформа для прототипирования микрофлюидных технологий.</p> <p>2. Платформа рационального дизайна олигонуклеотидов.</p>
21	7842110416	ОРБИТАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ООО	0	0	0	<p>Образовательные проекты:</p> <p>1. Космическое и специальное приборостроение.</p>
22	7702388027	ГОСКОРПОРАЦИЯ "РОСКОСМОС"	0	0	0	<p>Образовательные проекты:</p> <p>1. Космическое и специальное приборостроение.</p>
23	5408240311	ИНГГ СО РАН	0	0	0	<p>Образовательные проекты:</p> <p>1. Моделирование нефтегазовых систем.</p> <p>2. IT-геофизика.</p>
24	5408147190	СИАНТ АО НПФ	0	0	0	<p>Научные проекты:</p> <p>1. Интеллектуальный анализ геофизических данных в процессах разработки полезных ископаемых.</p> <p>2. Математическое моделирование процессов интенсификации нефтедобычи.</p>
25	5408100064	ИГИЛ СО РАН	0	0	0	<p>Научные проекты:</p>

№ п/п	ИНН	Полное наименование компании	Объем привлеченных средств на 01.12.2023 г., тыс. руб.			Перечень совместных продуктов/проектов/программ
			Всего	Объем финансирования обеспечения реализации мероприятий программы развития	Объем финансирования, привлеченного на исследование и разработки в интересах бизнеса	
						1. Математическое моделирование процессов интенсификации нефтедобычи.
26	7731644035	ОДК АО	0	0	0	<p>Научные проекты:</p> <p>1. Технологии автоматизации мониторинга бортовых спутниковых систем с применением современных сенсорных устройств.</p> <p>2. Технологическая платформа оптимизации технических устройств на основе суррогатного моделирования.</p>
27	2367010021	УНИВЕРСИТЕТ СИРИУС, АНО ОВО УНИВЕРСИТЕТ СИРИУС, УНИВЕРСИТЕТ СИРИУС, НТУ СИРИУС АНО ВО	0	0	0	...
28	7838395487	ГАЗПРОМНЕФТЬ НТЦ ООО	22058.51	0	22058.51	<p>Научные проекты:</p> <p>1. Интеллектуальный анализ геофизических данных в процессах разработки полезных ископаемых.</p>

№ п/п	ИНН	Полное наименование компании	Объем привлеченных средств на 01.12.2023 г., тыс. руб.			Перечень совместных продуктов/проектов/программ
			Всего	Объем финансирования мероприятий программы развития	Объем финансирования, привлеченного на исследование и разработки в интересах бизнеса	
						<p>2. Математическое моделирование процессов интенсификации нефтедобычи.</p> <p>Образовательные проекты:</p> <p>1. Нефтяной инжиниринг и математическое моделирование.</p> <p>2. IT-геофизика.</p> <p>3. Моделирование нефтегазовых систем.</p>

*В данной форме указаны высокотехнологичные компании - партнеры, заявленные в программе развития передовой инженерной школы

Дополнительные документы

1. P7(ж)Подтверждающие документы (P7(ж)_ПИШ+НГУ+НА+01.12.2023.rar)
2. P7(ж)Справка внебюджет ПИШ на исследования
(ПИШ_НГУ_P7(ж)_Справка_внебюджет_ПИШ_на_исследования.pdf)
3. P6(е)Справка об источниках внебюджетных средств
(ПИШ_НГУ_P6(е)_Справка_об_источниках_внебюджетных_средств.pdf)
4. P8(з)Информация за 2023 год (ПИШ_НГУ_P8(з)_Информация+за+2023+год.pdf)
5. P5(д)Подтверждающие документы по СОП
(P5(д)Подтверждающие+документы+по+СОП.zip)
6. P3(в)Подтверждающие документы (P3(в)_Подтверждающие+документы.docx)
7. P1(а)Подтверждающие документы (P1(а)_Подтверждающие+документы.docx)
8. P2(б)Подтверждающие документы (P2(б)_Подтверждающие+документы.docx)
9. P4(г)Подтверждающие документы (P4(г)_Подтверждающие+документы.docx)
10. P8(з)Отчетные материалы из БД РД НО за 2021 год
(ПИШ_НГУ_P8(з)_Отчетные+материалы+из+БД+РД+НО+за+2021+год.pdf)
11. P9(и)Подтверждающие документы (P9(и)_Подтверждающие+документы.docx)
12. P10(к)Подтверждающие документы (P10(к)_Подтверждающие+документы.docx)