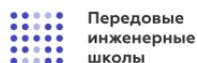


**УТВЕРЖДЕНА**

РХТУ им. Д.И. Менделеева

Исполняющий обязанности ректора

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



Документ подписан  
электронной подписью

Сертификат: 0AF2606BBE22271F10A288480AB83EBC

Владелец: Воротынцев Илья Владимирович

Действителен: с 19.12.2023 по 13.03.2025

**Программа развития передовой инженерной школы**

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Российский химико-технологический университет имени  
Д.И. Менделеева»  
**на 2022 - 2030 годы**

Москва, 2024

## **СОДЕРЖАНИЕ**

### **1. ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗВИТИЯ УНИВЕРСИТЕТА. ЦЕЛЕВАЯ МОДЕЛЬ И ЕЕ КЛЮЧЕВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

- 1.1. Целевая модель университета и ее ключевые характеристики
- 1.2. Академическое признание и потенциал университета
- 1.3. Научный, образовательный и инфраструктурный задел университета по планируемым направлениям деятельности передовой инженерной школы
  - 1.3.1. Наличие опыта проведения исследований по направлениям передовой инженерной школы. Опыт участия университета в государственных программах
  - 1.3.2. Инновационный задел по направлениям деятельности передовой инженерной школы
  - 1.3.3. Научная инфраструктура по направлениям передовой инженерной школы
  - 1.3.4. Наличие опыта реализации образовательных программ по направлениям деятельности передовой инженерной школы

### **2. ОПИСАНИЕ ПЕРЕДОВОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ**

- 2.1. Ключевые характеристики передовой инженерной школы
- 2.2. Цель и задачи создания передовой инженерной школы
  - 2.2.1. Роль передовой инженерной школы в достижении целевой модели университета
  - 2.2.2. Участие передовой инженерной школы в решение задач, соответствующих мировому уровню актуальности и значимости в приоритетных областях технологического развития Российской Федерации
- 2.3. Ожидаемые результаты реализации

### **3. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕДОВОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ**

- 3.1. О руководителе передовой инженерной школы
- 3.2. Система управления
- 3.3. Организационная структура
- 3.4. Финансовая модель

### **4. ИНФОРМАЦИЯ О ПЛАНИРУЕМОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕДОВОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ**

#### 4.1. Научно-исследовательская деятельность

4.1.1. Программа научных исследований и разработок (Сведения о планируемых научных исследованиях и разработках)

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

#### 4.3. Образовательная деятельность

4.3.1. Перечень планируемых к разработке и внедрению новых образовательных программ высшего образования и дополнительного профессионального образования для опережающей подготовки инженерных кадров

4.3.2. Организация прохождения 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

4.3.3. Принципы отбора кандидатов на обучение в передовой инженерной школы

4.3.4. Трудоустройство выпускников передовой инженерной школе

4.3.5. Участие школьников в деятельности передовой инженерной школы в целях ранней профессиональной ориентации

#### 4.4. Кадровая политика

4.4.1. Информация о проведении 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

#### 4.5. Инфраструктурная политика

4.5.1. Информация о создаваемых на базе передовой инженерной школы специальных образовательных пространств (научно-технологические и экспериментальные 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)

## **5. КЛЮЧЕВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И КООПЕРАЦИИ**

5.1. 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)

5.2. Структура ключевых партнерств

# 1. ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗВИТИЯ УНИВЕРСИТЕТА. ЦЕЛЕВАЯ МОДЕЛЬ И ЕЕ КЛЮЧЕВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

## 1.1. Целевая модель университета и ее ключевые характеристики

Целевая модель Университета состоит из трёх уровней: уровень инициатив, уровень внедрения и уровень влияния. Первый уровень включает в себя ядро программы, базирующееся на соглашениях с Российской академией наук и академическими институтами химической направленности. Деятельность первого уровня будет вестись по пяти укрупнённым научным направлениям: Новые химические технологии и Индустрия 4.0 (Chemical Engineering), Геном материала и хемоинформатика (Material Genome & Cheminformatics), Химия для жизни (Chemistry for Life), Энергетика и устойчивое развитие (Energy & Sustainability), Искусство и инжиниринг (Art & Engineering). Указанные направления позволят не только дать ответы на текущие большие вызовы, но и в значительной мере определяют форсайт развития химической технологии и смежных областей. В рамках первого уровня будут созданы предпосылки для успешного преодоления технологических барьеров, перехода на несырьевую экономику, внедрения принципов ответственного инвестирования и ESG и внедрения элементов цифровой экономики в химическую промышленность.

В рамках второго уровня (уровень внедрения) будет осуществляться развитие созданных на уровне инициатив (первый уровень) заделов, направленное на масштабирование проектов, их апробации совместно с производственными компаниями и подготовку к переходу на масштаб страны и мира. Стратегическими партнёрами проектов Университета в рамках второго уровня станут государственные корпорации: Росатом, Роскосмос, Роснано, Ростех.

Третий уровень программы развития подразумевает распространение результатов в масштабах Российской Федерации и всего мира. В рамках данного процесса подразумевается становление РХТУ в качестве ведущего центра компетенций в области химической технологии, перенос лучших практик в регионы РФ, значительное повышение влияния на развитие химико-технологического комплекса и повышение авторитета Университета на международной арене. Результатами такой трансформации должны стать решения для наиболее значимых задач экономики и социальной сферы РФ.

Каждый из трёх уровней программы развития включает образовательные, индустриальные и экосистемные элементы целевой модели.

## 1.2. Академическое признание и потенциал университета

Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева (РХТУ) – это Университет, устремлённый в будущее, лидер в области подготовки кадров и инноваций (прикладных разработок) для химического, нефтехимического, биотехнологического и химико-фармацевтического комплексов промышленности РФ, крупнейший научно-исследовательский центр по химии. Научные школы Университета широко известны в мировом научном сообществе. Учеными Университета разрабатываются уникальные технологии и создаются новые материалы для высокотехнологичных секторов российской экономики и оборонно-промышленного комплекса. РХТУ расположен в г. Москве, имеет филиал в Тульской области, г. Новомосковск, а в 2021 году состоялось открытие первого международного филиала РХТУ в Республике Узбекистан, г. Ташкент. Образовательная и научная деятельность в Университете охватывает 55 кафедр, 11 факультетов и институтов. Численность работников по состоянию на 01.01.2022 г. составила 1447 человек, НПР 570. В университете обучается **6698** студента (бакалавриат – **4766**, специалитет – **1090**, магистратура – **842**), **79,3** – средний балл ЕГЭ принятых абитуриентов, **45** студентов – победителей и призёров олимпиад. ~ **70%** выпускников работают по специальности.

В 2021 году всего выполнено работ и услуг (в том числе исследования и разработки) на сумму **657 171,4** тыс. руб.

Кроме того, было оказано научно-технических услуг по 82 договорам на сумму 110 612,97 тыс. руб.

При этом прикладные исследования составили 323 593,7 тыс. руб. - 48,6% от общего объема НИР, фундаментальные – 303 077,7 тыс. руб. – 45,5%, поисковые – 30 500,0 тыс. руб. – 5,9%.

По приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в РФ в отчетном году было выполнено НИР на сумму 603 553,5 тыс. руб.

Финансирование НИР в 2021 году, как и в предыдущие годы, обеспечивалось за счет средств Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и других федеральных агентств, служб и ведомств: годовой объем финансирования составил 352 127,7 тыс. руб., т.е. 52,9 % от общего объема финансирования исследований и разработок.

В 2021 году ученые университета выполнили по государственному заданию Минобрнауки России в сфере научной деятельности 5 проектов на общую сумму 130 000 тыс. руб., из них 2 проекта – инициативные научные проекты, 1 – научный проект, выполняемый научным коллективом исследовательских центров и (или) научных лабораторий вузов, 2 – стажировки по программам “Михаил Ломоносов” и “Иммануил Кант” и 2 проекта в рамках НОЦ "ТулаТех".

В РХТУ реализуется научный проект «Нанобиотехнологии в диагностике и терапии социально значимых заболеваний» направленный на создание нового класса лекарственных средств для диагностики и лечения злокачественных новообразований, сердечно-сосудистых и инфекционных болезней. Общее финансирование 300 000 тыс. руб. Финансирование на 2022 год – 100 000 тыс. руб. Проект реализуется в рамках научного консорциума членами которого помимо РХТУ являются РНИМУ им. Н.И. Пирогова, НМИЦ ПН им. В.П. Сербского, ИБМХ им. В.Н. Ореховича, а также ИОНХ РАН им. Н.С. Курнакова и ИОХ РАН им. Н.Д. Зелинского. Междисциплинарная работа консорциума позволит достичь поставленных целей по разработке новых лекарств.

В 2021 году получено 40 грантов российских фондов поддержки научной, научно-технической, инновационной деятельности: РФФ (12 проектов), РФФИ (28 проектов), на общую сумму 120 150,0 тыс. руб., что составляет 18,0 % общего объема финансирования НИР.

Объем исследований, проводимых за счет средств хозяйствующих субъектов, в отчетном году составил 194 909,2 тыс. руб. (77 проектов), что составляет 29,3% от общего объема финансирования НИР.

Выполнение научно-исследовательских работ и высокая публикационная активность способствует укреплению конкурентоспособности Университета, о чем свидетельствуют позиции РХТУ им. Д.И. Менделеева в международных рейтингах.

Впервые в 2021 году РХТУ им. Д.И. Менделеева вошел в QS World University Rankings с позицией 801-1000 из 1300 вузов.

В международном рейтинге QS University Rankings предметного рейтинга Chemistry в 2022 г. РХТУ им. Д.И. Менделеева занимает позицию 401-450 из 635.

В рейтинге QS Chemical Engineering – 301-350 место из 412.

В рейтинге QS EECA – 177 место.

Согласно данным международного рейтинга Round University Ranking (RUR) за 2022 год, РХТУ им. Д.И. Менделеева занял 508 место из 1032 лучших вузов.

В международном рейтинге RUR Natural Sciences 257 место из 730 вузов. RUR Technical Sciences 448 место из 791 вузов.

В ежегодном Национальном рейтинге российских вузов, подготовленном Международной информационной группой «Интерфакс», занял 49-50 место из 341 российского вуза, и 19-20 место среди вузов Москвы.

Рейтинговое агентство RAEX («Эксперт РА») составило десятый ежегодный рейтинг вузов России. При подготовке рейтинга использовались статистические показатели, а также проводились масштабные опросы среди 30 тысяч респондентов: работодателей, представителей академических и научных кругов, студентов и выпускников. Рейтинг «100 лучших вузов России» - РХТУ занимает 47 место.

В 2021 году рейтинг «Три миссии университета» включает 1650 университетов из 97 стран мира. РХТУ им. Д.И. Менделеева занял 63-72 место из 112 в России и 1301-1400 из 1650 в мире.

### **1.3. Научный, образовательный и инфраструктурный задел университета по планируемым направлениям деятельности передовой инженерной школы**

Основной задачей РХТУ является «бесшовная» опережающая подготовка кадров, которая включает: дополнительное образование (специализация) школьников, среднее профессиональное образование, бакалавриат, магистратуру, специалитет, аспирантуру, докторантуру, дополнительное профессиональное образование и профессиональную переподготовку. Востребованность обучения в Университете отражается в ежегодном росте среднего балла ЕГЭ абитуриентов, принятых по результатам ЕГЭ на обучение по очной форме по программам бакалавриата и специалитета (бюджет) с 76,3 в 2017 г. до 79,3 в 2021 г., а по специальности Фундаментальная и прикладная химия – с 85,9 в 2017 г. до 96,2 в 2021 г.

Научная и образовательная тематика Университета охватывает практически все отрасли химии, химической технологии, нефтехимии, биотехнологии и фармацевтической химии.

Работа с будущими абитуриентами позволяет привлечь талантливых школьников, заинтересованных в более глубоком и прикладном изучении химии, математики и физики, поддержать их интерес к научной работе, обеспечить методическую и материальную базу для дальнейшего развития. Для работы со школьниками реализованы проекты Детский технопарк «Менделеев центр» и Менделеевские классы.

Детский технопарк «Менделеев центр» – это новая форма вовлечения детей в науку и научно-техническое творчество. В детском технопарке используется проектный подход к обучению: школьники кроме получения общих знаний выполняют индивидуальный или командный проект по одному из следующих направлений: технологии, материалы, наноматериалы и фотоника, химия.

Менделеевские классы – федеральный проект РХТУ, реализуемый совместно с органами управления образованием и индустриальными партнёрами на базе общеобразовательных организаций в субъектах РФ. Менделеевские классы направлены на работу с талантливыми школьниками в регионах в рамках подготовки кадров для региональных предприятий химической отрасли. РХТУ уже запустил Менделеевские классы в 7 регионах РФ при поддержке таких крупных индустриальных партнёров, как ПАО «СИБУР Холдинг», ФГУП «Федеральный экологический оператор», АО «Фармасинтез».

В 2019 году при поддержке Минобрнауки РФ и Минпромторга РФ открыт Менделеевский инжиниринговый центр. Суммарный доход МИЦ с момента открытия составил более 400 млн. руб.

В 2020 году открыта Международная академия бизнеса Mendeleev, основывающаяся на принципах ESG и предлагающая 120 программ дополнительного профессионального образования, повышения квалификации и профессиональной переподготовки и насчитывающая уже более 6000 обучающихся из 20 стран.

В 2021 году открыт Институт разработок «Ферринг Россия» (совместно с международной фармацевтической компанией Ferring Pharmaceuticals).

Реализуется внутренний конкурс инициативных грантов для работников университета с целью формирования научно-технического задела для индустрии и импортозамещения технологических решений и готовых продуктов.

### **1.3.1. Наличие опыта проведения исследований по направлениям передовой инженерной школы. Опыт участия университета в государственных программах**

Выполненные в 2021 г. научно-исследовательские работы в Университете носили фундаментальный, прикладной и поисковый характер. Наиболее крупные проекты из числа фундаментальных научных исследований выполнялись:

- в рамках крупного проекта «Нанобиотехнологии в диагностике и терапии социально значимых заболеваний» на кафедре биоматериалов, Кафедре химии и технологии биомедицинских препаратов и в Международном учебно-научном центре трансфера фармацевтических и биотехнологий под руководством д.х.н., профессора Мажуги А.Г.;

- в рамках создания научной лаборатории «Создание фундаментальных основ технологий структур с различной степенью упорядочения на основе неорганических и органических соединений для устройств фотоники и электроники» на кафедре химии и технологии кристаллов под руководством к.х.н., доцента Аветисова Р.И.;

- в рамках гранта Российского научного фонда на базе Научно-образовательной лаборатории "Электроактивные материалы и химические источники тока" проект «Разработка научных основ для масштабирования высокоэффективных проточных химических источников тока от единичных ячеек до батарей мембранно-электродных блоков» под руководством д.х.н., профессора Антипова А.Е.

Среди проектов прикладного характера выполнялись работы:

- в рамках Постановления Правительства № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских образовательных организаций высшего образования, государственных научных учреждений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства» проект под руководством д.х.н., профессора Сигаева В.Н. «Создание высокотехнологичного производства специализированных стекол,

импортозамещающих стеклонаполнителей и экспортно-ориентированных медицинских изделий на их основе»;

- в рамках договора № 198527 (32.02-Д-1.1-1772/2019) с ФГУП "ВНИИА" проект «Комплекс работ по разработке токсичных компонентов полимерных материалов и оптических сред со специальными характеристиками» на кафедре технологии переработки пластмасс под руководством д.х.н., профессора Горбуновой И.Ю.

- в рамках договора № 1465-НИОКР 11.28-Д-1.1-4078/2021 с ООО "ТОРГОВЫЙ ДОМ "ХИММЕД" проект «Создание производства высокочистых минеральных кислот для нужд отечественной микроэлектроники и фотоники» на кафедре химии и технологии кристаллов под руководством д.х.н., профессора Аветисова И.Х.

По хоздоговорным научно-исследовательским работам РХТУ им. Д.И. Менделеева активно сотрудничал с различными крупными предприятиями и организациями: ФГУП "ГОРНО-ХИМИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ", АО "ВНИИРТ", ФГУП "ВИАМ", ФГУП "ЦНИИХМ", , АО "КОМПОЗИТ", АО "НИТРО СИБИРЬ", АО "ВНИИРТ", ФГУП "НЦ "СИГНАЛ", Orano SA, ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ", ФГУП "ФЦДТ "СОЮЗ", АО "Обнинское научно-производственное предприятие "Технология" им. А.Г. Ромашина", , АО "ПРОМСИНТЕЗ", АО "ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ" ИМ. АКАДЕМИКА М.Ф. РЕШЕТНЁВА", АО "ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ЗАВОД "ВЛАДМИВА", АО "Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара", ЗАО "Экспериментальный химический завод" и др.

Активно ведется конкурсная деятельность по научным проектам на электронных площадках:

- АО «Газпромнефть-Аэро» НИР ««Разработка и создание экспериментального образца анализатора качества топлива» для нужд АО «Газпромнефть-Аэро».
- Оказание услуг по разработке дополнительных общеобразовательных общеразвивающих программ «Менделеевские классы».
- Оказание услуг по проведению экспериментальных исследований по определению детонационных и эксплуатационных характеристик комбинированных разрывных зарядов.

- Запрос цены «Набор тестовых растворов для ОВВ с паспортом лот 240 с доставкой».
- Услуги по разработке и реализации практико-ориентированной образовательной программы в области полимерных композиционных материалов.
- НИР по теме: «Экспериментальное обоснование детритизации водных потоков тритиевого цикла».
- Разработка и внедрение инновационной опытно-промышленной водоподготовительной установки для нужд подпитки барабанных котлов давлением 100 кгс/см<sup>2</sup> на основе передовых технических решений на стадии основной обработки воды для СП Партизанская ГРЭС».

В рамках научно-технического развития в 2021 году заключено 80 соглашений о сотрудничестве.

В 2021 году университет стал участником Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» по направлению отраслевого лидерства и получил специальный грант 2 категории.

### **1.3.2. Инновационный задел по направлениям деятельности передовой инженерной школы**

Для коммерциализации собственных и сторонних разработок разных уровней готовности созданы следующие подразделения:

- Менделеевский инжиниринговый центр, осуществляющий НИР и НИКР цикл работ по направлению разработки и масштабирования технологий синтеза химических материалов, организации малотоннажных производств «под ключ», трансфера технологий на производство.
- Акселератор Mendeleev – платформа развития инновационной химии, деятельность которого направлена на содействие в коммерциализации российских научных разработок в сфере химических технологий путём создания экосистемы ускоренного развития стартапов и активизации инновационной деятельности промышленных предприятий.
- ИНТЦ «Долина Менделеева», которая должна стать центром ускоренного развития новых технологий и технологических цепочек с последующим их внедрением в производство и масштабированием на территории России и за

рубежом. Основные направления деятельности центра будут сосредоточены на разработке отечественных технологий и новых продуктов в области малотоннажной химии, агрохимии, тонком органическом синтезе, фармацевтике, радиохимии, нефтехимии, а также на подготовке специалистов по этим направлениям.

В рамках Соглашения между Правительством Российской Федерации и ГК «Росатом» о целях развития в Российской Федерации высокотехнологичной области «Технологии новых материалов и веществ» РХТУ назначен оператором продуктового направления «Исходные химические компоненты для материалов и процессов», а в рамках Национального проекта «Экология», совместно с ФГУП «ФЭО» РХТУ осуществил проектирование объектов по обезвреживанию отходов I – II классов опасности: Саратовская область, объект «Горный»; Кировская область, объект «Марадыковский»; Удмуртская республика, объект «Камбарка»; Курганская область, объект «Щучье».

В 2022 году создан Центр трансфера технологий. К числу его приоритетных задач относятся коммерциализация технологий и перспективных результатов интеллектуальной деятельности (РИДов), организация и развитие новых инновационно-технологических спин-офф компаний, создаваемых Университетом совместно с индустриальными партнерами; увеличение доли присутствия Университета на рынке коммерческого оборота результатов интеллектуальной деятельности. В среднесрочной перспективе (2022 - 2024 гг.) фокус внимания Центра трансфера технологий направлен на разработку и трансфер технологий, направленных на опытно-промышленное производство дефицитных продуктов высокотехнологичной химии (импортозамещение и импортоопережение).

Университет имеет аккредитацию в сфере подтверждения соответствия продукции машиностроения, электротехнической продукции, строительных материалов и пожарной безопасности (уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц RA.RU.21OH57).

### **1.3.3. Научная инфраструктура по направлениям передовой инженерной школы**

В университете создан Центр коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева, который выполняет аналитические работы как в интересах

подразделений университета, так и для сторонних организаций: химический анализ, научные исследования, консультации специалистов. В планах Центра стоит активное развитие аналитических направлений, сфокусированных на прецизионном элементном анализе веществ сложного состава, востребованных в производстве умной химии, малотоннажном химическом производстве, разработке особо чистых материалов для микроэлектроники и оптики. В 2021 г. ЦКП им. Д.И. Менделеева получил финансовую поддержку в размере 75 000 тыс. руб. на период 2021-2023 гг.

В профильных подразделениях университета сформирована материально-техническая база высокотехнологичного аналитического оборудования, которые в совокупности позволяет выполнять практически любые аналитические задачи в области химии и химической технологии. Материально техническая база факультета нефтегазохимии и полимерных материалов составляет технологическое и исследовательское оборудование в области промышленного органического синтеза и полимерной химии и технологии на сумму свыше 1 млрд. руб.

#### **1.3.4. Наличие опыта реализации образовательных программ по направлениям деятельности передовой инженерной школы**

РХТУ ведет подготовку кадров по программам специалитета, бакалавриата и магистратуры по направлениям фундаментальная и прикладная химия, экология и природопользование, информатика и вычислительная техника, химическая технология, энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, химическая технология материалов современной энергетики, биотехнология, техносферная безопасность, материаловедение и технологии материалов, стандартизация и метрология, наноматериалы, технология художественной обработки материалов, менеджмент с уклоном на прикладное применение изучаемых технологий, современное производственное и аналитическое оборудование, автоматизацию и цифровизацию производств, промышленные инновации.

Кроме программ бакалавриата и магистратуры РХТУ осуществляет подготовку кадров высшей квалификации по программам аспирантуры и докторантуры.

Университетом пройдена международная профессионально-общественная аккредитация, по итогам которой образовательным программам «Химия», «Фундаментальная и прикладная химия», «Химическая технология», и другим важнейшим образовательным программам был присвоен знак отличия «EXCELLENT QUALITY» и признано соответствие требованиям европейских стандартов для гарантии качества образования ESG-ENQA.

В рамках модернизации основных образовательных программ РХТУ ведет работу по организации сетевых образовательных программ, а также по внедрению индивидуальных образовательных траекторий. Запущены образовательные программы в сетевой форме совместно с ведущими образовательными организациями: ТПУ, ДВФУ, СибГУ им. М.Ф. Решетнева, УГНТУ, ПГАТУ им. Д.Н. Прянишникова, АГУ, УдГУ, Сколтех.

В области химического машиностроения на факультете нефтегазохимии и полимерных материалов с 2016 года реализуется подготовка бакалавров и магистров по профилю "Технологические машины и оборудование производства полимеров" в рамках направления подготовки 18.03.02, а с 2019 года - рамках УГСН 15.00.00 Машиностроение. В 2022 пройдет первый набор на совместную магистерскую программу "Современное технологическое оборудование переработки неметаллических материалов" по направлению подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование. В программе предусмотрено 2 образовательных трека: по полимерному машиностроению и по оборудованию технологии тугоплавких высокотемпературных материалов (в первую очередь стекла и керамики).

## 2. ОПИСАНИЕ ПЕРЕДОВОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ

### 2.1. Ключевые характеристики передовой инженерной школы

Целевая модель Передовой инженерной школы Химического инжиниринга и машиностроения (далее - ПИШ ХИМ) до 2030 года ориентирована на реализацию двух стратегических направлений в области химического машиностроения: подготовка лучших инженерных кадров для высокотехнологичных компаний и создание передовых наукоемких инженерных решений.

Оба стратегических фокуса основаны на плотной кооперации с высокотехнологичными партнерами (в первую очередь компании контура ГК “Росатом” - “Юматекс”, “ФЭО”, “РХК”, а также АО “ГК “Титан”, АО “Композит” и др.) для обеспечения непрерывной трансляции проектных задач в образовательную и исследовательскую среду ПИШ ХИМ.

Стратегический фокус, связанный с подготовкой лучших инженерных кадров, будет обеспечен принципиальным изменением образовательной модели с классической инженерной подготовки, которая реализуется на базе РХТУ, на “инженерное погружение”: все студенты ПИШ ХИМ будут работать только в реальных проектных задачах высокотехнологичных компаний. Вместе с реализацией образовательных программ по выбору, новая система обеспечит достижение целевой модели выпускника ПИШ ХИМ: инженера, который имеет опыт проектной работы (в тематических проектах по созданию технологического оборудования), мыслит категориями жизненного цикла продукта и может применять наборы из разных типологий технологических решений. Выпускник ПИШ ХИМ разрабатывает и конструирует нестандартное химическое оборудование, осуществляет его наладку и сервис, а также говорит на одном языке с разными аудиториями (клиентом, заказчиком, партнерами и т.п.), способен создавать инновационные решения и самостоятельно развивать новые продукты. Большая роль отводится и дополнительному профессиональному образованию с использованием современных цифровых технологий (в том числе AR/VR-тренажеры).

Второе стратегическое направление, включающее создание передовых инженерных решений, является одновременно контекстом нахождения и объектом деятельности студентов ПИШ ХИМ. В рамках своей программы развития ПИШ

ХИМ делает ставку на непрерывную работу с фронтными проектными задачами (инженерными вызовами), которые возникают как вследствие развития высокотехнологичных компаний (так, например, необходимость создания завода по производству волокна с полностью отечественным оборудованием), так и при трансформации технологического уклада (например, переход к проточным реакторам в химической технологии; переход на компьютерный дизайн новых материалов).

С учетом данных контекстов целевая модель ПИШ ХИМ направлена на реализацию основной амбиции по созданию на базе ПИШ ХИМ мирового инженерного центра в области разработки и конструирования проектов создания инновационных химических предприятий “под ключ”, что включает в себя как подготовку первоклассных инженеров, так и создание передовых инженерных решений.

ПИШ ХИМ ориентируется на ведущие мировые инженерные школы в области химической технологии и химического машиностроения, закладывая в свою целевую модель лучшие образовательные практики Технологического института Карлсруэ, Миланского политехнического института, Корнеллского университета, Университета штата Пенсильвания.

В создании проектов институциональных изменений ПИШ ХИМ ориентируется на опыт российских трансформационных анклавов в университетах (образовательных гринфилдов): Байкальский институт БРИКС (Иркутский национальный исследовательский технический университет), Высшая ИТ-школа (Томский государственный университет), Высшая инженерная школа Engineering Generation (Тюменский индустриальный университет), Институт опережающих технологий (Донской государственный технический университет), Институт передовых производственных технологий (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого) и практики российских инновационных площадок (стартап-студия Технопарк).

Также ПИШ ХИМ ориентируется на модели Технического университета Мюнхена, Университета Цинхуа и Лёвенского католического университета в области работы с интеллектуальной собственностью, повесткой научно-исследовательской деятельности и технологического предпринимательства.

## 2.2. Цель и задачи создания передовой инженерной школы

### **Передовая инженерная школа Химического инжиниринга и машиностроения (ПИШ ХИМ):**

**Миссия:** Создание отрасли перспективного химического машиностроения и системного химического инжиниринга, для обеспечения конкурентоспособности и независимости средне- и малотоннажной химической промышленности Российской Федерации и развития экспортного потенциала.

### **Стратегические цели:**

- Подготовка высококлассных инженеров-исследователей, конструкторов и разработчиков для российских и зарубежных технологических центров разработки, наукоемких и промышленных предприятий в области химической технологии.
- Реверс-инжиниринг критически важных технологий (проточные реакторы, аддитивные технологии, лазерная обработка, моделирование и др.).
- Разработка инновационных инженерных решений для опережающего развития средне- и малотоннажной химической промышленности Российской Федерации.

### **Амбиции:**

- Мировой инженерный центр в области разработки и конструирования проектов создания инновационных химических предприятий “под ключ” (разработка химической технологии производства продуктов и нестандартного химического оборудования, сопровождение проектов).
- Создание пояса инновационных компаний, развивающих технологии в смежных областях в рамках Химической Индустрии 4.0 (предиктивная аналитика, анализ данных, компьютерный дизайн и т.п.).
- Единая образовательная среда, обеспечивающая высококлассную подготовку и переподготовку инженеров-исследователей, конструкторов и разработчиков в области перспективного химического машиностроения, основанная на многопозиционной работе в проектах высокотехнологичных компаний.

### **2.2.1. Роль передовой инженерной школы в достижении целевой модели университета**

Целевая модель университета включает становление РХТУ в качестве ведущего центра компетенций в области химической технологии, перенос лучших практик в регионы РФ, значительное повышение влияния на развитие химико-технологического комплекса. Результатами такой трансформации должны стать решения для наиболее значимых задач экономики и социальной сферы РФ. В процессе реализации программы развития университета, в частности по научному направлению "Новые химические технологии и Индустрия 4.0 (Chemical Engineering)" все чаще наблюдается торможение, обусловленное необеспеченностью химической отрасли отечественным химическим машиностроением. Таким образом роль ПИШ ХИМ заключается тематическом дополнении целевой модели университета химическим машиностроением, что позволит в конечном счете приблизиться к технологическому суверенитету в химической отрасли.

### **2.2.2. Участие передовой инженерной школы в решение задач, соответствующих мировому уровню актуальности и значимости в приоритетных областях технологического развития Российской Федерации**

Устойчивый экономический рост любого государства без внедрения инноваций невозможен. Инновационное развитие подразумевает как разработку (проведение НИР и НИОКР) так и внедрение новых технологий (лицензирование перспективной технологии). На момент написания заявки, отечественная химическая промышленность не преодолела зависимость от импорта: сырье, оборудование, материалы, технология. Все части взаимосвязаны. Российская химическая промышленность сегодня больше всего зависит от отечественного химического машиностроения.

Принято сегментировать химпром по тоннажности. Различают крупнотоннажную химию и сырьевые товары (Commodities), средне- и малотоннажную химию (Fine Chemicals), и специальную химию (Specialities). Крупнотоннажная химия – это территория крупных проектных институтов, лицензиаров, больших денег (сотни миллионов долларов), территорий (тысячи гектаров), субсидий (крупные инвестиционные банки, госбанки) десятилетних периодов окупаемости, государственного регулирования, миллионов тонн продукции по низкой стоимости. Специальная химия характеризуется тезисом “попробуй повтори”. Это

сложные производства, очень часто высокой токсичности, температур, давлений, требуют уникального исполнения. Цена не имеет значения. Количества от граммов до кг. Кадры - высокоспециализированные и уникальные. Крупнотоннажная химия и специальная химия с позиций экономической выгоды, трудно оцениваются. Так, например, ошибка в планировании места размещения завода, тоннажности, специалистах, может привести к нерентабельности производства. Средне- и малотоннажная химия более прогнозируема и может дать мощный импульс развития за счет таких проектов как химическое машиностроение вш в малотоннажной химии (проточной химия) и в получении материалов с заданными свойствами. Почти все запущенные мощности построены на комплектном импортном оборудовании. Импортозамещение сегодня в большинстве случаев – это запорная арматура, насосы, теплообменников и др. Но на уровне протекания самого процесса (реактор, печи) сервисные предложения внутри страны нужно формировать с нуля. Таким образом основным направлением деятельности ПИШ ХИМ станет химическое машиностроение, являющееся сквозным и обеспечивающим для большей части СНГР. Фокус будет направлен в первую очередь на категории оборудования для средне- и малотоннажной химии, также специальной химии.

### **2.3. Ожидаемые результаты реализации**

Ключевые характеристики и результаты деятельности ПИШ ХИМ по базовым и сквозным процессам деятельности:

#### **Инженерное образование (высшее и дополнительное профессиональное образование)**

*Качественные характеристики:*

- новая модель интегрированной подготовки бакалавриат + магистратура за 5 лет (2+2+1) или 6 лет (2+2+2): модульность, вовлечение студентов в решение задач высокотехнологичных компаний, привлечение ведущих инженеров и исследователей из высокотехнологичных компаний в образовательный процесс;
- система практической подготовки на базе инженерно-технологической инфраструктуры высокотехнологичных компаний;

- система обучения в магистратуре только на реальных инженерных проектах высокотехнологичных компаний;
- эффективная экосистема проектной деятельности и наращивания цифровых компетенций, конкурентоспособные образовательные программы, соответствующие требованиям цифровой экономики;
- ПИШ ХИМ – лидер в области подготовки инженеров для химической промышленности среди технических вузов РФ, Восточной Европы и стран Ближнего зарубежья.

*Количественные характеристики:*

- общая численность студентов - до 850 человек очно;
- доля обучающихся на программах магистратуры - 35%;
- 100% направлений подготовки ОП ВО обеспечивают возможность построения индивидуальной траектории обучения и подразумевают обязательный элемент проектной деятельности;
- 100% выпускников с цифровыми компетенциями в области АСУТП, AR/VR технологий и компьютерного моделирования.

**Передовые инженерные исследования и разработки**

*Качественные характеристики:*

- Создание отрасли перспективного химического машиностроение.
- Разработка отечественных реакторов нового поколения (химические, проточные и мембранные реакторы).
- Создание новых продуктов химической автоматики (узлы автоматики и мехатроники модульной киберфизической платформы-конструктора специализированных и нестандартных технологических и/или лабораторных систем и/или химического оборудования).
- Разработка технологии и оборудования для производства углеродных и полимерных волокон.
- Разработка технологии и оборудования для получения полимерных композиционных материалов.
- Создание цифровой платформы для проектирования и разработки цифровых двойников химических производств.

- Диверсификация источников финансирования исследований и разработок, формирование устойчивых фондов развития.

*Количественные характеристики:*

- Доходы от НИОКР ПИШ ХИМ составят 2 100 млн. руб..
- ПИШ ХТУ войдет ТОП-5 передовых инженерных школ России.

### 3. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕДОВОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ

#### 3.1. О руководителе передовой инженерной школы

Сиротин Игорь Сергеевич

Отсутствует

Кандидат химических наук

Руководитель ПИШ ХИМ Сиротин Игорь Сергеевич является молодым ученым-практиком с большим опытом реализации НИОКР, причем в последние 2 года он занимается тематиками, соответствующими направлению ПИШ ХИМ - разработкой специального и нестандартного химического оборудования в области полимерных и углеродных волокон, освоением соответствующей технологии и запуском производственной линии. Кроме того, Сиротин И.С. погружен в ландшафт образовательных программ и проектов подготовки современных инженеров реализует проекты трансформации образования на факультете нефтегазохимии и полимерных материалов, который в настоящий момент возглавляет, в том числе:

- Интеграция подхода CDIO и внедрение проектного трека - образовательного пространства, в котором обучающиеся в командном формате реализуют практикоориентированные учебные проекты на всем сроке обучения. Проекты усложняются от 1 к 4 курсу бакалавриата и к магистратуре, и "вынуждают" обучающихся применять полученные знания и навыки на практике.
- Внедрение модуля абсолютно новых цифровых дисциплин, в том числе обязательных: Цифровое проектирование (с использованием программного обеспечения Solidworks), Вычислительная механика (ПО Simulia Abaqus), Моделирование химико-технологических процессов (ПО Aspen HYSYS, Aspen Plus) и более 5 более узкоспециализированных цифровых дисциплин по выбору, например, "Моделирование и проектирование изделий из полимеров и композитов" и др. Дисциплины синхронизованы с проектным треком.
- Переход к модели индивидуальных образовательных траекторий и внедрение цифровой платформы для поддержки индивидуализации. Введение модуля дисциплин по выбору Electives (10% ООП). Переосмысление части образовательной программы, реализуемой выпускающими кафедрами (около 20% ООП). Если ранее она представляла собой образовательную трубу, то теперь примерно половина составила профессиональный образовательный трек, который студент выбирает после 2 курса, а оставшаяся часть конструируется студентом самостоятельно из дополнительного блока элективов (помимо модуля Electives);

Все эти практики и полученный опыт будут использованы при разработке системы образования в ПИШ ХИМ.

#### 3.2. Система управления

**Для реализации ПИШ ХИМ на базе РХТУ им. Д.И. Менделеева планируется реализация следующих основных изменений в системе управления университетом:**

1) Создание совета директоров ПИШ ХИМ. Совет директоров определяет стратегические цели ПИШ ХИМ в предметных областях, долгосрочные инженерно-технологические задачи, идентифицирует текущие дефициты и барьеры (кадровые, технологические и др.). Совет директоров принимает окончательное решение об инициировании научных проектов и проектов НИОКТР по заказам индустрии. Председателем совета директоров выступит заместитель генерального директора - технический директор АО “ЮМАТЕКС” Юрий Сергеевич Свистунов, который был официально выбран для этой роли на уровне Госкорпорации “Росатом”. В состав совета директоров войдут топ-менеджеры: высокотехнологичных компаний-партнеров (ФГУП “ВНИИА”, ФГУП “ФЭО”, АО “РХК”, АО “ГК “Титан”, АО “Композит” и др.), технических университетов, научных институтов, конструкторских бюро.

Глобально совет директоров будет осуществлять функцию системного инжиниринга в отношении будущего химической отрасли. Он разрабатывает программу проектов, общей целью которой является создание максимальной совокупной пользы и КПД для отрасли. Так, например, якорная (фронтирная) инженерная задача ПИШ ХИМ - создание завода производства авиационного углеродного волокна с полностью отечественным аппаратурным оформлением, включает в себя множество сквозных инженерных задач, которые будучи оптимально поставлены и решены, принесут синергетический эффект для подотрасли и смежных отраслей, несмотря на то, что якорная задача является относительно узкой. Первоначально программа проектов тематически будет включать только подотрасль функциональных материалов, полимеров и композитов от исходных материалов и веществ до конечной продукции в части обеспечения этой подотрасли химическим оборудованием. Совет директоров будет полномочен до 2030 года, после чего будут подведены итоги 8-летнего периода работы ПИШ ХИМ. Затем в зависимости от достигнутых результатов будет разработана новая стратегия. Однако, с большой долей вероятности, опыт ПИШ ХИМ будет далее масштабироваться в университете (в образовательной части) и расширяться на большее число подотраслей химической промышленности (в тематическом и проектном отношении).

2) Создание проектного офиса ПИШ ХИМ (на правах отдела) с прямым подчинением руководителю ПИШ ХИМ. Управление программой развития ПИШ ХИМ будет основным фокусом проектного офиса, задачи которого - анализ и бенчмаркинг состояния инженерных школ и отрасли перспективного химического машиностроения в России и мире, выработка предложения и проектов решений, по управлению программой развития ПИШ ХИМ. В состав подразделения входит опытная команда, получившая компетенции в рамках подготовки и реализации Программы развития РХТУ в программе “Приоритет-2030”, а также прошедшая образовательные интенсивы по управлению в научно-образовательных учреждениях (“Лидеры НТП”, “Школа УИП”). Функции проектного офиса также включают взаимодействие с внутренними службами университета (бухгалтерия, финансовый департамент), ведение документации и методологическое сопровождение управления проектом.

3) Создание группы образовательного инжиниринга в рамках проектного офиса для обеспечения функционирования образовательного инжиниринга образовательной экосистемы ПИШ ХИМ, а также комплексного сервиса для студентов и преподавателей и разработка комплекса поддерживающих мероприятий, необходимых для формирования компетенций:



Отдельно стоит отметить функцию Knowledge Mining (добыча знаний) - обеспечение оперативного доступа к внешним образовательным ресурсам, который обязательно будет возникать при реализации нестандартных проектов.

### 3.3. Организационная структура

В состав Передовой инженерной школы входят перечисленные структурные подразделения:

- Факультет(ы) и кафедры, соответствующие предметным областям:
  - нефтегазохимия, промышленный органический синтез, полимерные, функциональные материалы
  - химическое машиностроение
- Проектный офис ПИШ ХИМ
- Центр цифровой трансформации
- Центр химического машиностроения

Руководство деятельностью передовой инженерной школой, фактическое исполнение программы развития осуществляет директор.

Деятельность ПИШ ХИМ обеспечивается перечисленными органами управления:

- Совет директоров ПИШ ХИМ – отвечает за формирование и утверждение научно-технологической повестки.
- Экспертные группы (постоянные и временные) – отвечают за экспертизу и независимую оценку качества. Создаются решением совета директоров ПИШ ХИМ.

В целом, управление всей операционной деятельностью ПИШ ХИМ будет реализовано преимущественно в проектной логике, в свою очередь проекты обусловлены научно-технологической программой. Структура подразделений определяется инфраструктурой (как физической и цифровой) и спроектирована, в первую очередь, для поддержания ее функционирования, а во вторую очередь - для поддержания функционирования бизнес-процессов. Даже управление образовательным процессом будет организовано в проектной логике: каждый набор будет управляться как проект в парадигме Agile - бережливого образования (Lean Education). Проектные команды и руководители структурных подразделений могут пересекаться (матричная структура проектных групп). Ответственные за эксплуатацию и поддержание физической и цифровой инфраструктуры и проектные команды также могут быть разделены с

целью создания сервисной модели с большей глубиной системы разделения труда и для повышения его производительности.

**Факультеты и кафедры**, входящие в состав ПИШ ХИМ, участвуют в реализации образовательных программ по системе ПИШ ХИМ, в том числе, но не ограничиваясь, выполняют функции:

- 1) Адаптация, масштабирование и трансляция в массовый сегмент высшего образования лучших практик, наработанных при реализации магистратуры ПИШ ХИМ
- 2) Гармонизация подготовки исследователей и инженеров в одном образовательном пространстве.

Так, Факультет химического машиностроения вновь создается для решения указанных задач.

Декан факультета обеспечивает функцию руководителя образовательных программ подготовки исследователей и предметных модулей – составных частей образовательной программы.

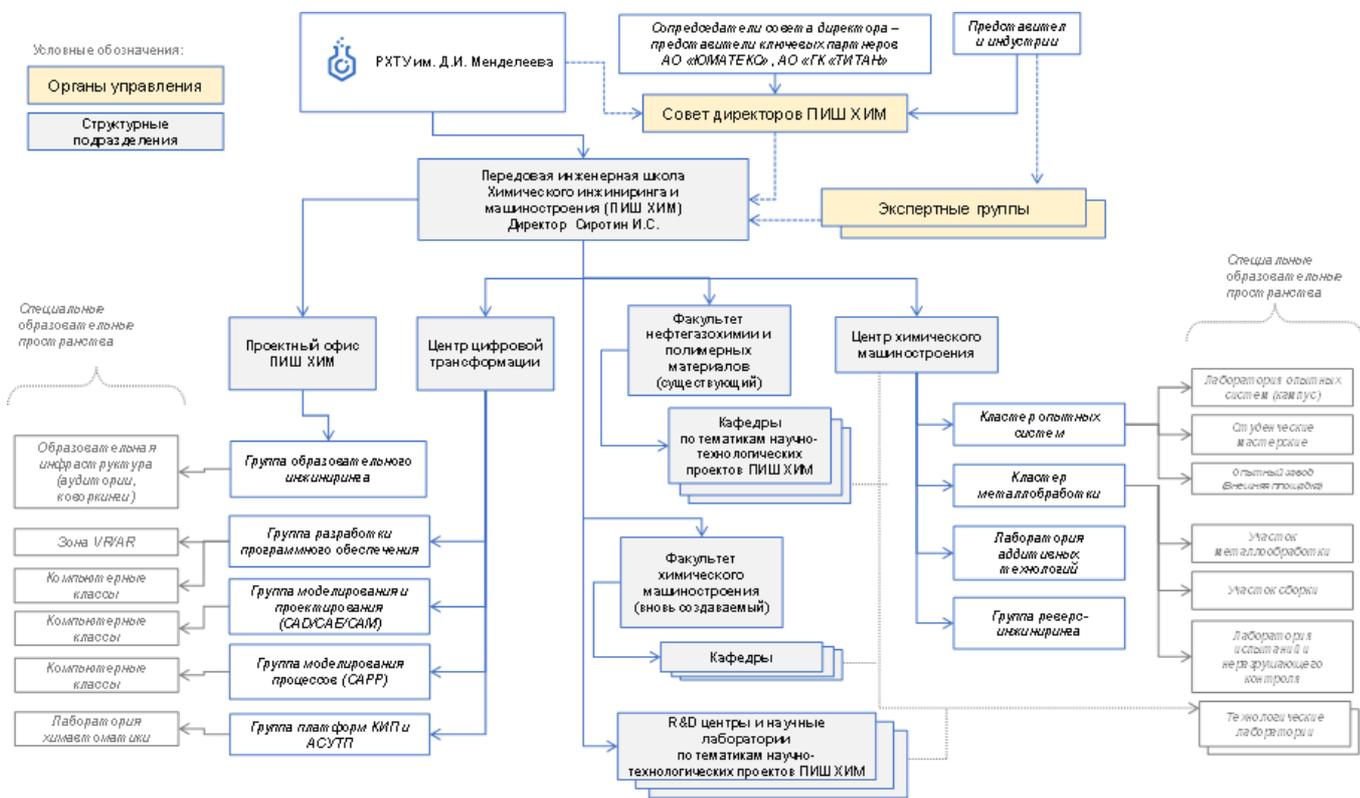
При распределении студентов по подразделениям (образовательным модулям, учебным проектам – составным частям научно-технологической программы) в качестве приоритетного критерия учитывается эффективность подразделения (работника) при участии в реализации научно-технологической программы ПИШ ХИМ, обязательным условием ставится вовлечение в них обучающихся, а достижение ими заданных компетенций.

**Центр цифровой трансформации** в составе ПИШ ХИМ отвечает за развитие и трансляцию компетенций «цифровой инжиниринг», «цифровой химический инжиниринг», за формирование требований и квалифицированную постановку задач Департаменту информационных технологий Университета в области создания, поддержания, развития и эксплуатации цифровой инфраструктуры, обеспечивающей физической инфраструктуры, развития цифровых средств.

**Центр химического машиностроения** в составе ПИШ ХИМ обеспечивает научно-технологическую программу и проекты инфраструктурой и сервисами в области создания и эксплуатации малых пилотных химических установок на собственной базе и больших химических установок посредством аутсорсинга и контрактного производства, а также отвечает за поддержание, развитие и трансляцию компетенции «аддитивная технология для химического инжиниринга».

С целью реализации и совершенствования программы развития ПИШ ХИМ могут создаваться и иные подразделения.

Структура ПИШ ХИМ иллюстрируется схемой на рисунке:



### 3.4. Финансовая модель

Финансовая модель ПИШ ХИМ в первые 3 года ее функционирования основывается на грантовом бюджетном финансировании и софинансировании программы развития со стороны промышленных партнеров.

Средства финансового обеспечения необходимы: в первую очередь, на создание инфраструктуры ПИШ ХИМ, а также на финансирование обеспечивающих научных проектов. Софинансирование партнеров участников, главным образом АО “ГК “Титан” и ООО “НЕОГАЗ”, направлено на финансирование поддерживающей инфраструктуры и содержания двух сквозных проектов в области цифровых двойников и проточных химических реакторов. Продукты указанных научных проектов являются сквозными как для других проектов ПИШ ХИМ, так и для химической отрасли и химического машиностроения в целом.

Второй ключевой составляющей финансовой модели являются заказы на R&D со стороны промышленных партнеров - участников ПИШ ХИМ. На текущий момент уже имеются подтвержденные письмами намерения предприятий на срок до 2030 года, а на период 2022-2024 они позволяют полностью выполнить показатели программы ПИШ ХИМ. Большая часть средств на 2022 год на текущий момент или уже контрактрована или процесс подписания договора уже инициирован. Все перечисленные проекты включают, в первую очередь, задачи, связанные с тематикой ПИШ ХИМ - химическим машиностроением и системным химическим инжинирингом. Подтвержденный минимальный объем финансирования первичного портфеля проектов ПИШ ХИМ представлен в таблице:

| Финансирование, привлеченное передовой инженерной школой на исследования и разработки в интересах бизнеса (подтвержденный минимальный объем проектного финансирования на 30.05.2022 г.) |                    |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Проектное финансирование НИОКТР (тыс. руб.)                                                                                                                                             | 2022 г.            | 2023 г.             | 2024 г.             | 2025 г.             | 2026 г.             | 2027 г.             | 2028 г.             | 2029 г.             | 2030 г.             | Всего               |
| ООО "ТД "ХИММЕД"                                                                                                                                                                        | 20 000.00 Р        | 27 400.00 Р         | 16 100.00 Р         |                     |                     |                     |                     |                     |                     | 63 500.00 Р         |
| АО «ИСС»                                                                                                                                                                                | 15 000.00 Р        | 18 000.00 Р         |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     | 33 000.00 Р         |
| АО "ЮМАТЕКС" (Завод ПАН + УВ)                                                                                                                                                           | 10 000.00 Р        | 10 000.00 Р         | 10 000.00 Р         |                     |                     |                     |                     |                     |                     | 30 000.00 Р         |
| АО "ЮМАТЕКС" (КНТП)                                                                                                                                                                     |                    | 89 000.00 Р         | 106 000.00 Р        |                     | 55 000.00 Р         |                     |                     |                     |                     | 250 000.00 Р        |
| АО "Композит"                                                                                                                                                                           | 7 676.00 Р         |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     | 7 676.00 Р          |
| ФГУП ВНИИА                                                                                                                                                                              |                    | 36 000.00 Р         | 40 000.00 Р         | 40 000.00 Р         | 40 000.00 Р         | 300 000.00 Р        |
| <b>Итого проектное финансирование (тыс. руб.)</b>                                                                                                                                       | <b>52 676.00 Р</b> | <b>180 400.00 Р</b> | <b>168 100.00 Р</b> | <b>91 000.00 Р</b>  | <b>36 000.00 Р</b>  | <b>36 000.00 Р</b>  | <b>40 000.00 Р</b>  | <b>40 000.00 Р</b>  | <b>40 000.00 Р</b>  | <b>684 176.00 Р</b> |
| <b>Итого проектное финансирование накопительным итогом (тыс. руб.)</b>                                                                                                                  | <b>52 676.00 Р</b> | <b>233 076.00 Р</b> | <b>401 176.00 Р</b> | <b>492 176.00 Р</b> | <b>528 176.00 Р</b> | <b>564 176.00 Р</b> | <b>604 176.00 Р</b> | <b>644 176.00 Р</b> | <b>684 176.00 Р</b> |                     |

Поскольку одну из ключевых идей в модели ПИШ ХИМ занимает помещение обучающихся в максимально приближенные к реальности условия инженерной деятельности, запланировано трудоустройство обучающихся на стадии выполнения выпускного проекта (2 последние года обучения, то есть весь срок обучения в магистратуре и последние 2 года интегрированной 5-летней программы - на 4 курсе бакалавриата и на 1 год сокращенной магистерской программы). Это потребует значительных средств. Финансирование операционной деятельности ПИШ ХИМ будет обеспечено за счет собственных средств университета из внебюджетных источников, а также из средств, поступающих от заказов бизнеса на НИОКТР. Из этих же средств будут финансироваться стажировки студентов и преподавателей на высокотехнологичных предприятиях.

В такой финансовой модели есть определенные риски, связанные, в первую очередь с вероятным незаключением договоров на выполнение НИОКТР. Основная стратегия нивелирования этих рисков заключается в отказе от ряда дорогостоящих инфраструктурных приобретений (например, прецизионных металлообрабатывающих станков (обрабатывающих центров) и SLM 3D принтеров) и переходу к их аренде. Это может снизить операционную эффективность ПИШ ХИМ, но позволит обеспечить заданные образовательных цели и выполнить научные проекты.

## **4. ИНФОРМАЦИЯ О ПЛАНИРУЕМОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕДОВОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ**

### **4.1. Научно-исследовательская деятельность**

Научная деятельность ПИШ ХИМ направлена на создание конкурентоспособных на мировом уровне продуктов, а также комплексных технологий их производства, на полном жизненном цикле объектов: аналитика, идея, исследования, разработка (НИОКТР), включая конструкторскую и технологическую подготовка производства, создание производства (в т.ч. в рамках ЕРС/ЕРСМ), его эксплуатация и пр. Начальные стадии Университет (ПИШ ХИМ) берет на себя, при этом конечные цели, пути их достижения формируются совместно с промышленными партнерами ПИШ ХИМ и закрепляются в виде научно-технологической повестки. Последняя определяет содержание и цели и продукты научно-технологической программы (совокупности научных проектов, представленных в программе развития ПИШ ХИМ) на кратко- и среднесрочную перспективу (2-5 лет) и долгосрочную перспективу (до 2030-2035 года). Повестка и научно-технологическая программа фиксируется в том числе документально, но не являются статическими, а подлежат постоянному уточнению и актуализации с целью стратегического управления ресурсами университета и промышленного партнера, что позволяет максимально учитывать шансы, возможности, постоянная актуализация проблем позволяет делать надежную ставку в постоянно меняющейся ситуации промышленных партнеров и университета.

Научная деятельность управляется с использованием программного механизма. Таким образом, под научным проектом понимается направление научно-технологической программы (перечень направлений представлен в разделе «Научные проекты»).

Основным целевым продуктом направления научно-технологической программы является комплексная технология. Под комплексной технологией понимается конкурентоспособное на мировом уровне решение на максимальном уровне готовности (технологической, производственной, рыночной), включающее собственно продукт (химическое вещество, материал) и процесс его получения, а также средства производства (химическое оборудование, реакторы и т.п.), средства автоматизации и управления (КИП/АСУТП), а также, в ряде случаев, инженерные методологии и цифровые средства (программно-аппаратные комплексы, программное обеспечение) для стадий разработки (НИР, НИОКТР) и эксплуатации производства (в том числе системы улучшенного управления технологическим процессом (СУУТП), системы оптимизации процесса реального времени (RTO)).

При этом Университет в лице ПИШ ХИМ не реализует полный жизненный цикл исключительно своими силами, но создает кооперацию (консорциум), с целью поддержки полного указанного жизненного цикла, в том числе привлекает другие университеты и исследовательские организации (институты РАН и пр.) и отдельных исследователей, использует услуги сервисных и инжиниринговых компаний (металлообработка, контрактное производство и пр.), создает совместно с промышленными партнерами (и/или с привлечением венчурных инвестиций) дочерние предприятия, осуществляет сервис и консалтинг.

Отличительной особенностью научно-технологической и инженерной деятельности ПИШ ХИМ является применение создаваемой методологии модель-обусловленного **системного цифрового химического инжиниринга** разработки с использованием технологии цифровых двойников (продукта, технологического процесса, оборудования, химико-технологической системы в целом). Методология создается на подходах и принципах цифрового материаловедения, стандартах системной инженерии, известных ее адаптациях к технологии цифровых двойников (Model Based Systems Engineering, MBSE) и химической технологии (Process Systems Engineering, PSE). Цифровая модель создается первично, а лишь на ее основе создается физическая система, с целью кратного сокращения (в 2-10 раз) затрат ресурсов на разработку и тестирование целевой системы. Такой подход успешно применяется, например, в машиностроении и двигателестроении, но пока ограниченно применяется в нефтехимии и не применяется вовсе (в том числе в мире) в области спецхимии и материаловедения. Поэтому все направления научно-технологической программы ПИШ ХИМ кроме продуктовой составляющей включают разработку указанной методологии, а также разработку (адаптацию) цифровых инженерных средств. В пределе – промышленное орудие производства (например, химический реактор) проектируется на основе цифровой модели (физико-математической, модели машинного обучения и/или гибридной) проектируется и создается индивидуально под конкретный продукт и под конкретный процесс, причем на основе цифровой модели указанного продукта/процесса.

Еще одной отличительной особенностью в управлении научно-технологической программой является переход от работы исключительно по выдаваемым индустриальными партнерами подготовленным задачам на НИОКР (по техническому заданию) к постановке задач совместно с партнерами с учетом меняющейся ситуации в индустрии, науке и экономике, с учетом потребностей всех заинтересованных сторон, в том числе в рамках выработки совместной научно-технологической повестки.

В этой связи научная (научно-технологическая) деятельность Университета в лице ПИШ ХИМ в области создания продуктов и технологий их получения дополняется следующими новыми видами деятельности:

1) **Специальное химическое машиностроение.** Сюда входит разработка оборудования, а также организация его производства на территории РФ. В первую очередь будет охвачено нестандартное оборудование, а также оборудование для полимерной и композитной отрасли, реализуемое в гибком, модульном исполнении, в том числе создаваемое с использованием аддитивных технологий. Критерии эффективности оборудования: экономическая эффективность, максимальная интенсификация и безопасность процессов, патентоспособность, возможность использования в составе многоассортиментных производств.

2) **Разработка и оснащение создаваемого оборудования средствами управления и автоматизации** (КИП, АСУТП). Ввиду существующего национального контекста без этого направления невозможно всерьез говорить о создании полноценного оборудования и производственных линий. Это направление ставит целью доведения разрабатываемого оборудования и технологических линий до уровня Индустрии 3.0.

**3) Разработка цифровых двойников** химического оборудования и систем и цифровых платформ для химических производств. Данное направление отвечает уровню Индустрии 4.0 и парадигме цифрового проектирования и моделирования Smart Digital Twin.

**4) Промышленный объектовый инжиниринг** по национальным и международным стандартам и интеграция в отраслевую систему разделения труда. Фактически данное направление включает инжиниринг химических заводов "под ключ", то есть работа по модели EPC. В национальной системе разделения труда (СРТ) в сфере промышленного инжиниринга ПИШ ХИМ будет выполнять функцию интегратора между носителями отечественных технологий и EPC-компаний:

- Предварительное проектирование (Front-End Engineering and Design или FEED).
- Повышение уровня готовности технологий, зависящих от импортного оборудования и реализуемых только при импортозамещении оборудования.
- Взаимодействие с носителями технологии.
- Принятие на себя рисков лицензиара.
- ПИШ ХИМ в отдельных случаях может выступать напрямую в качестве EPCM-контрактора, но чаще в качестве одного из основных подрядчиков EPC(M) контракторов, существующих на рынке.
- По мере развития ПИШ ХИМ она станет независимым EPCM-агентом.

\* EPC: Engineering (проектирование, инжиниринг), Procurement (поставка), Construction (строительство). \*\* EPCM: Engineering (проектирование, инжиниринг), Procurement (поставки), Construction Management (управление строительством).»

Научная деятельность тесно интегрирована с образовательной, которая базируется на широком вовлечении обучающихся в мероприятия (проекты) научно-технологической программы (также на всем жизненном цикле объекта разработки) – 60-70% учебного времени.

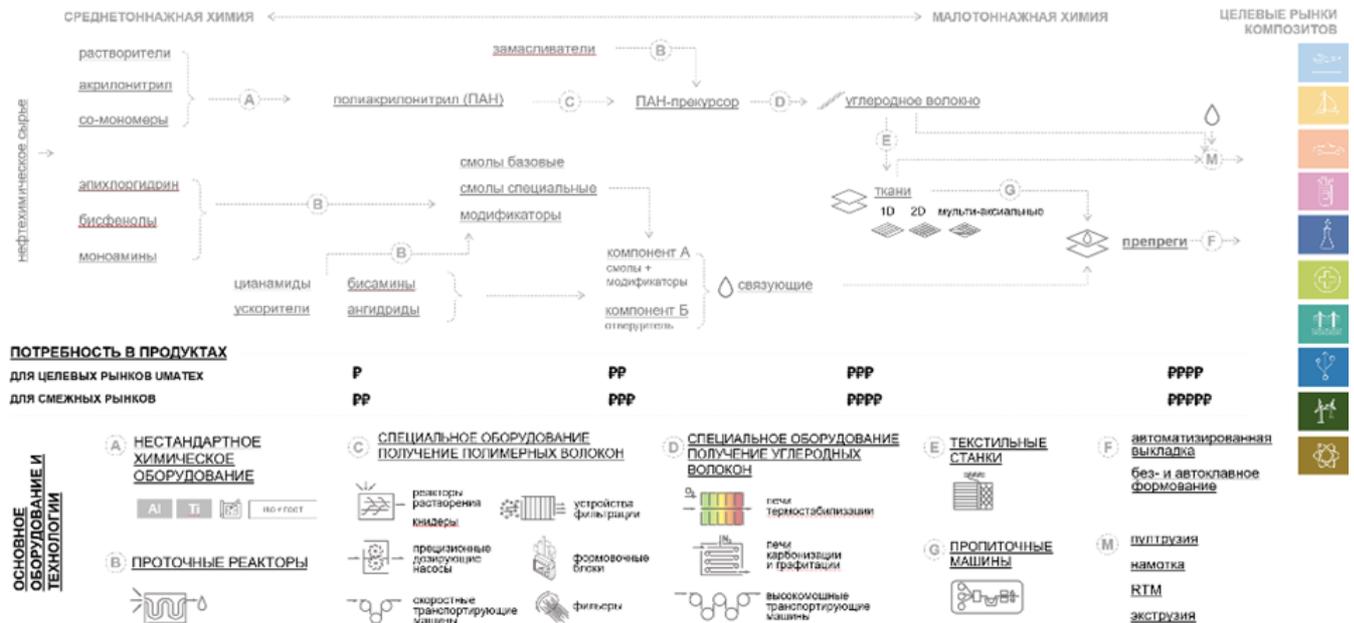
Реализация 4-го направления является критически важной для достижения целей СНТР. Участники рынка промышленного инжиниринга в химической отрасли фиксируют основную проблему российской науки: ее продуктом являются научные статьи или, в лучшем случае, патенты. При трансфере возникают проблемы, поскольку университеты и научные организации как правило не способны брать на себя ответственность, которая необходима для коммерциализации разработки. ПИШ ХИМ спроектирована таким образом, чтобы выдавать готовый продукт. Это может быть собственно химическое оборудование, линия (изготовлено, протестировано, доставлено заказчику) или технологи. Во втором случае минимальным продуктом является лицензия - исходные данные на проектирования (или готовая РКД) с принятием юридической ответственности. Патенты являются косвенным показателем.

Деятельности в указанных 4 направлениях будут вестись в контексте сформулированных фронтальных тематик, определяющих основные темы научно-технологической повестки и цели научно-технологической программы:

1. Создание экономически эффективных многоассортиментных производств малотоннажной химии (МТХ) на основе гибких, модульных систем, в том числе на основе проточных технологий, для которых реактор (или реакторный элемент) рассчитывается в цифровой среде и создается «под продукт/процесс». Целью является обеспечения импортнезависимости в области обеспечения высокотехнологичных отраслей продуктами МТХ (до 100-200 наименований) в условиях относительно маленького внутреннего спроса, а значит, при использовании традиционных технологий, сложности достижения их окупаемости. Партнеры, потребители: АО «ЮМАТЕКС», АО «Композит», АО «ГК «ТИТАН», потенциально: ПАО «Газпром нефть», ПАО «Газпром» и предприятиях ГК «Роскомос», ГК «Росатом», ПАО «ОДК» др.
2. Создание нового поколения углеродного волокна с прочностью 8-10 ГПа (что превышает лучший аналог, производимой японской компанией TORAY) для использования в авиации, транспорте, космосе, автомобилестроении, атомной отрасли для обеспечения их импортнезависимости и достижения уровня, превосходящего мировой по техническим характеристикам, топливной и энергоэффективности, экологичности, безопасности. Партнер: АО «ЮМАТЕКС».
3. Создание нового тугоплавкого керамического волокна с рабочей температурой до 2500 °С в среде воздуха для укрепления превосходства России в стратегических областях (гиперзвук и др.). Партнёр: АО «Композит»
4. Обеспечение импортнезависимости в области специальных полимерных волокон: из сверхконструкционных материалов и сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ). Партнер: АО «ЮМАТЕКС».
5. Обеспечение импортнезависимости в области технологий, оборудования, технологической оснастки для производства изделий из полимерных и композиционных материалов (включая полуфабрикаты), а также освоение технологии аддитивного производства композитных конструкций со сложной схемой армирования с механическими свойствами, не уступающим материалам, получаемых традиционными технологиями. Партнер: АО «ЮМАТЕКС», потенциально: ПАО «ОДК».
6. Создание цифровых средств, позволяющих осуществлять разработку и улучшенное управление технологическим процессом (СУУТП) и оптимизацию реального времени (RTO – realtime optimization) производств материалов (полимеров, химических волокон), по аналогии с существующими системами, применяющихся в нефтехимии (создаются на основе технологических симуляторов, типа Aspen Plus/HYSYS), повышающих совокупную эффективность производства на 10-30% (достижение проектной мощности, качество, затраты сырья/ресурсов, брак). Партнер: АО «ЮМАТЕКС», ФГУП ВНИИА, АО «НИКИМТ-Атомстрой».

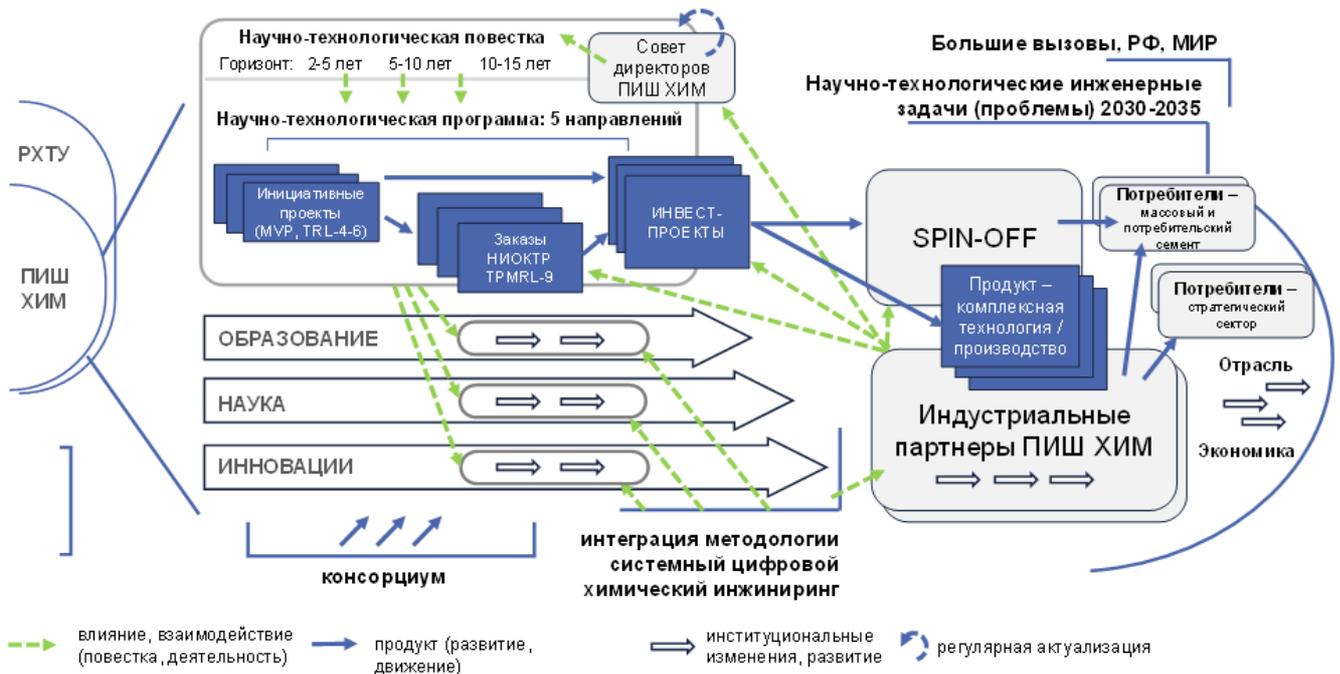
Также предусмотрено несколько смежных тематик меньшего масштаба, которые в совокупности обеспечивают продуктовые направления композитной отрасли России. Целевые конечные продуктовые направления включают: авиацию, космос, гиперзвуковые системы, автомобилестроение, судостроение, ветроэнергетика, строительство, спортивные товары, трубы, емкости, атомную отрасль (получение ядерного топлива) и др. Этот набор задач выбран в

качестве фронтальной не только по финансовой и стратегической составляющим, но также по интегрирующей роли и пронизывающем охвате в продуктово-сырьевой цепочке от нефтехимического сырья до изделий из композитов и потенциалу адаптации созданных инженерных средств (оборудование, цифровые продукты) в массовые и потребительские сектора экономики. **Научно-технологическая программа ПИШ ХИМ** охватывают эту продуктово-сырьевую цепочку, и направлены в числе прочего на создание линеек оборудования и цифровых продуктов различного назначения:



Научно-технологическая программа имеет представленную на схеме ниже архитектуру:

### Архитектура научно-технологической программы ПИШ ХИМ



Научно-технологическая программа обязательно включает:

- Механизм и набор процессов для разработки (включая поиск новых идей, возможностей, шансов), утверждения, актуализации научно-технологической повестки, ее продуктовой и методологических составляющих; а также механизм аналитики, технико-экономического обоснования на всех этапах программы.
- Набор инициативных подпроектов, направленных на:
  - создание минимального продукта (MVP) комплексных технологий и/или цифровых инженерных средств, создание РИД;
  - разработку и интеграцию методологии **системного цифрового химического инжиниринга** (соответствующие требования разрабатываются и закрепляются на уровне технического задания, «входного условия» для выполнения разработки»);
  - вовлечение обучающихся для практической подготовки;
  - освоение, доращивание, и развитие компетенций научно-педагогических работников, инженеров, организаторов и управленцев, прочих специалистов;
- требования к инициативным проектам формулируются совместно с индустриальными партнерами и участниками консорциума.
  
- при необходимости – проведение фундаментальных и/или прикладных исследований в области химии, материаловедения и т.п.;

а также один из или несколько портфелей:

- заказов на НИОКТР со стороны индустриальных партнеров;
- клиентов, пользующихся услугами сервиса, инжиниринга и консалтинга;
- SPIN-OFF, связанных с ними инвестиционных проектов.
- проектов, связанных с предоставлением лицензий и участием в кооперациях ЕРС/ЕРСМ контрактов.

Научно-технологическая-программа (ее направления, подпроекты, составные части) - не то же самое, что проекты, реализуемые по заказам бизнеса на НИОКТР (заказчики представлены в разделе 3.4), последние могут входить в направления научно-технологической программы и комплементарны его тематике.

Разработка и управление научно-технологической программы ПИШ ХИМ осуществляется как составная часть научно-технической политики Университета.

**С учетом перечисленных фронтальных задач сформулировано 4 направления научно-технологических программы.** Указанные направления являются набором связанных мероприятий и подпроектов в соответствии с представленной выше архитектурой. Обязательным условием направлений является их продуктивность.

Рассмотрим более подробно каждое из **направлений** научно-технологических программы и их подпроекты.

Перечисленные программы и проекты являются целевыми устремлениями по осуществлению прорывных разработок и исследований, обеспечивающих выход на производство высокотехнологичных продуктов – химических продуктов и материалов, химических технологий и оборудования «под ключ», а также цифровых инженерных средств; соответствующих мировому уровню, включая решение задач импортозамещения, в приоритетных направлениях а) и б) СНТР Российской Федерации.

Кроме того, содержание научно-технологической программы ПИШ ХИМ обусловлено следующими документами стратегического планирования:

- Комплексная научно-техническая программа полного инновационного цикла "Новые композиционные материалы: технологии конструирования и производства" (далее - комплексная программа, КНТП). Утверждена Распоряжение Правительства РФ от 4 июля 2023 г. № 1789-р.
- Дорожная карта развития высокотехнологического направления «Технологии новых материалов и веществ» на период до 2030 г. (оператор – ГК «Росатом»).

РХТУ им. Д.И. Менделеева является соисполнителем указанных программ и дорожных карт.

### **Направление 1 научно-технологической программы. «Многоассортиментное производство мало- и среднетоннажной химии (МСТХ) и спецхимии. Новые, проточные химические реакторы.»**

Ключевыми факторами эффективности промышленной химической технологии в средне- и малотоннажной химии (Fine Chemicals) являются:

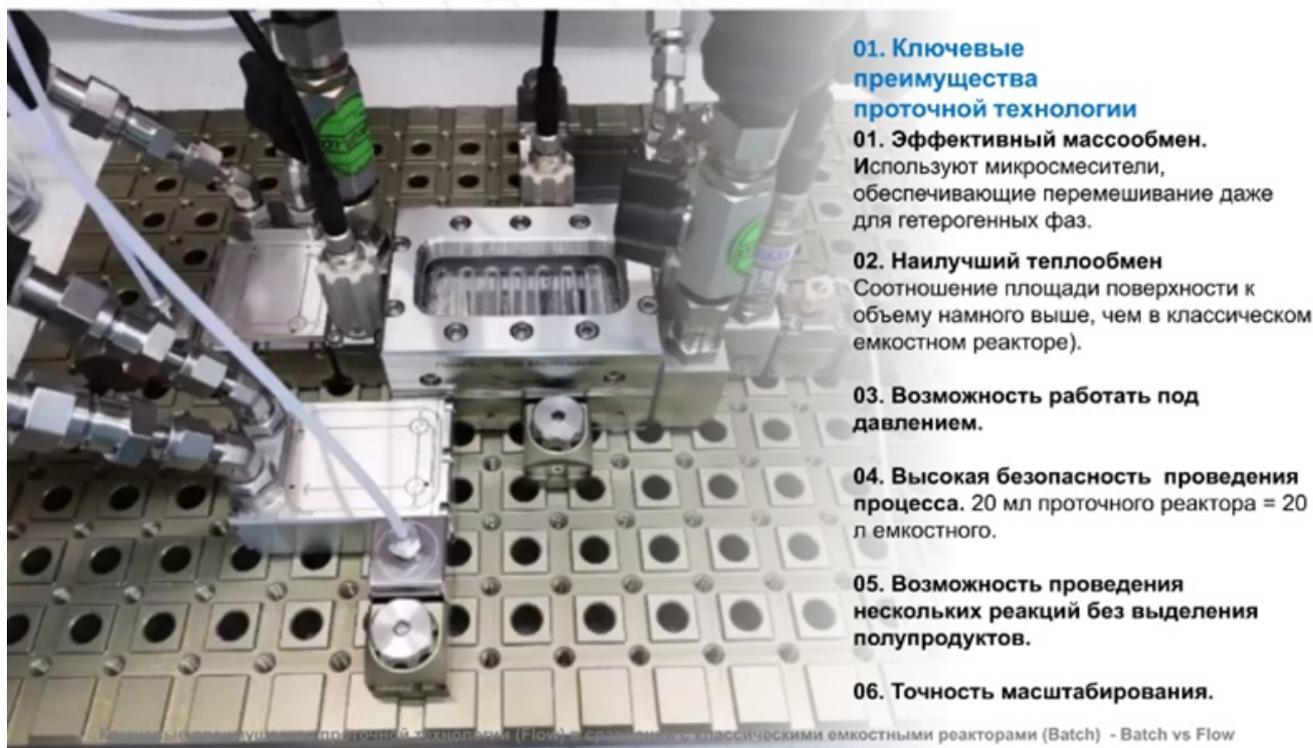
- Тип реакторного оборудования (емкостной реактор, проточный, луп-реактор, мембранный реактор).
- Процесс протекает с катализатором или без.

Типовой химический процесс, протекающий в реакторе, имеет выход в среднем по массе от 20-60%. Для получения конечного продукта необходимо от 2 до 7 стадий (переделов). Итоговый выход при этом может составлять лишь 0,1-5%, что сильно влияет на стоимость продукции. Поэтому важно достигать выхода на каждой стадии, где это термодинамически возможно, от 80% и выше. Такой выход достижим только за счет использования катализаторов и реакторов проточного типа (непрерывные процессы). Понимание, что рынок катализаторов необходимо развивать, наметился в 2010 году, в связи с усилением конкуренции на рынке со стороны Индии и Китая. Которые, освоив типовые процессы и операции, составили существенную конкуренцию европейским производителям и американским, в основном за счет относительно дешевой рабочей силы. Мировой рынок средне- и малотоннажной химии оценивают в 1 триллион \$, рынок катализаторов – порядка 30 млрд. \$.

**Подпроект «Химические, проточные и мембранные реакторы».** Направлен на разработку продуктовой линейки химических микрореакторов проточного и мембранного типа и организацию их производства.

Принципиально различают емкостные реакторы с мешалкой и проточные реакторы. Главный недостаток емкостных реакторов заключается в том, что эффективность перемешивания, а впоследствии и выход реакции, падает при увеличении объема. Плюсы – технология получения в емкостных реакторах проста и понятна. Ключевое преимущество проточной технологии в сравнении с емкостной заключается в том, что проточный реактор объемом 40 л может заменить 26 реакторов по 2 мЗ. Минусы – сложность в изготовлении и эксплуатации. Проточные реактора за счет хорошего перемешивания (можно регулировать гидродинамику процесса) имеет лучший показатель по выходу и управляемости. При прочих равных условиях процесс протекает быстрее и с контролируемым выходом, как следствие, выгоднее. Таким образом, чтобы иметь конкурентное преимущество по уровню технологии, типовой химический процесс должен иметь аппаратное оформление в виде проточного реактора (также сюда относят кольцевые реактора, мембранные),- необходимое условие,- а также процесс должен быть каталитическим - достаточное условие.

Критически важными, с точки зрения воспроизведения и последующего улучшения, являются реакторы лабораторного типа и пилотного типа: Lonza FlowRate (швейцарской компании Lonza), Mirrowa (немецкой компании Ehrfeld), Пилотного типа – ART PL37 (немецкой компании Ehrfeld). Аналогов в РФ нет ввиду уникальности конструкции, которая позволяет иметь ключевые преимущества.



Лидер малотоннажной химии в ЕС швейцарская компания Lonza в своей программной статье 2018 года задекларировала, что все будущие процессы компания будет разрабатывать только в проточном исполнении. Также и Китай переходит на проточные технологии. В РФ критически необходим проект по разработке и мелкосерийному производству химических микрореакторов проточного типа, чтобы быть конкурентноспособными в мало- и средне-тоннажной химии.

Уникальность этого проекта обусловлена тем, что масштабирование проточной технологии для промышленной эксплуатации не является сложным (в отличие от емкостной), так как соблюдается геометрическое подобие. Таким образом, реализация данного проекта позволит ставить технологию химического процесса на уровне малотоннажной и среднетоннажной химии на конкурентном уровне и поставлять заказчику «под ключ» вместе с оборудованием в составе комплексной лицензии на химический продукт заданной себестоимости.

Также в качестве **подпроекта предлагается организовать SPIN-OFF и инвестиционный проект создания многоассортиментного производства (завода)** в интересах тех заказчиков, которые готовы быть потребителем химической продукции, но не готовы создавать производство на своих мощностях и быть эксплуатантом технологии. Указанный подпроект включает картирование производственных цепочек для выбора и приоритезации продуктовой линейки многоассортиментного производства.

Приоритетные способы трансфера:

- производственная химическая компания SPIN-OFF, опционально – с участием промышленных партнеров ПИШ ХИМ. Приоритетные продукты: отвердители, эпоксидные смолы, ускорители, замасливатели и пр. (до 20-30 наименований) потребители – ГК Росатом, ГК Роскосмос, открытый рынок, в перспективе – до 200-300 наименований, выявляемых в результате отдельного проекта картирования производственных цепочек с учетом взвешенных коэффициентов важности продуктов.

- производственная химическая компания SPIN-OFF, опционально – с участием промышленных партнеров ПИШ ХИМ. Приоритетные продукты: проточные химические реакторы и системы.

Одной из целей РХТУ им. Д.И. Менделеева в лице ПИШ ХИМ в рамках данного направления является участие в будущем мегапроекте по малотоннажной химии. Настоящее направление комплементарно целям указанного мегапроекту.

**Направление 2 научно-технологической программы. Технологии и оборудование производства полимерных и специальных волокон.**

**Подпроект «Технология и оборудование производства полимерных, углеродных и специальных волокон».**

Проект направлен на разработку и организацию производства продуктовой линейки оборудования для производства углеродного волокна среднего модуля и высокой прочности (в первую очередь, печей), а также специальных тугоплавких керамических волокон.

Углеродные волокна (УВ) состоят из тонких нитей диаметром от 5 до 15 мкм, в основном состоящих из атомов углерода (92-99%). Важное свойство УВ, определяющее перспективность их использования, - высокая химическая стойкость по отношению к различным агрессивным средам. Это свойство обусловлено структурными особенностями волокна и зависит от температуры обработки, вида сырья. Углеродные волокна можно получать из многих полимерных волокон. Наиболее пригодными являются: - полиакрилонитрильные (ПАН), - гидратцеллюлозные (вискоза), - пековые волокна. Примерно 95% мирового рынка углеродных волокон (УВ) на основе ПАН-волокна. За счет сочетания сверхвысокой прочности (до 7 ГПа у наилучшей марки T-1100 компании TORAY (Япония)) и высокого модуля упругости (до 600 ГПа), УВ на основе ПАН нашел широкое применение, как армирующий компонент полимерных композиционных материалов (от крыла самолета до космоса, автомобильная промышленность). Создание волокна нового поколения среднего модуля и прочности 8-10 ГПа позволит перейти на новый уровень экономичности, топливной эффективности и безопасности в перечисленных отраслях и не только.

Ключевые процессы – окисление, низкотемпературная обработка, среднетемпературная обработка, высокотемпературная обработка, ультравысокая температурная обработка – протекают в специально спроектированных печах, опционально – радиационная сшивка в непрерывном исполнении.

#### **Подпроект. «Разработка печей для окисления и стабилизации волокнистых материалов».**

Требования к печам для производства углеродного и специального волокна: энергоэффективность, рекуперация энергии, экологичные методы производства, энергоэффективные системы очистки выхлопных газов, производительность, непрерывная работа (сокращение времени простоя).

Это достигается разработкой оригинальных конструкций печей с использованием высокоточного CFD-моделирование газодинамических процессов и геометрической оптимизацией.

Подпроект воспроизводит критически важные пилотные печи:

- Печь термостабилизации (окисление, воздух 300 °С),
- Печь предварительной карбонизации (инертная атмосфера, 1100 °С),
- Печь среднетемпературной обработки, карбонизации (инертная атмосфера, 1800 °С),
- Высокотемпературная печь, печь графитации (инертная атмосфера, до 3000 °С).

и др.

Уникальность проекта обусловлена востребованностью углеродных волокон из ПАН-волокна (от космоса и самолетов до автомобильной промышленности) и специальных (в том числе керамических волокон) и сложностью и уникальностью печей для их изготовления. Реализация данного проекта позволит укрепить лидерские позиции партнера на мировом рынке и снизить зависимость от иностранных печей.

#### **Приоритетные продукты направления:**

- углеродное волокно нового поколения прочностью свыше 7 ГПа (до 8-10 ГПа), процесс его получения, специальное технологическое оборудование.
- тугоплавкое керамическое волокно с температурой эксплуатации в окислительной среде до 2500 °С, процесс его получения, специальное технологическое оборудование.
- линейка адаптированного технологического оборудования и технологической оснастки, инжиниринговые услуги для массового сегмента индустрии волокон и текстиля, а также инженерные цифровые средства для СУУТП и RTO производств полимеров и волокон (подробнее в научно-технологической программе «Цифровые двойники химических производств».

Способы трансфера:

- Специальные волокна: передача лицензии, сопровождение, сервис при создании и эксплуатации промышленной линии, реализация ОКР по разработке и поставке специального технологического оборудования.
- Линейка технологического оборудования для массового сегмента: SPIN-OFF.

Потребители: АО «ЮМАТЕКС», АО «Композит», в дальнейшем организации индустрии переработки полимеров, волокон.

**Подпроект «Технологии и оборудования производства полимерных волокон»** направлен на разработку и организацию производства продуктовой линейки комплекса оборудования и технологич производств полимерных волокон, в первую очередь для производства ПАН-прекурсора - исходного материала для получения углеродного волокна, а так же иных полимерных прекурсоров специальных волокон, волокон из суперконструкционных пластиков и сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ).

Настоящий проект является одним из приоритетных, основной потребитель результата – АО «ЮМАТЕКС». Волокно ПАН для получения УВ является наиболее сложным и высокотехнологичным среди прочих волокон, эта область одна из самых «закрытых». Компетенции, полученные в результате реализации проекта, могут способствовать развития также и индустрии текстильных волокон, где технологии схожие, но более простые.

Основными технологическими узлами, соответствующим основным технологическим стадиям процесса, являются:

1. Реакторы полимеризации акрилонитрила. В классическом современном исполнении это алюминиевые реакторы с мешалкой, не производящиеся в РФ. На начальном этапе они будут воспроизведены. В 2024 году или позднее периодические реактор полимеризации будет заменен на проточный или кольцевой.
2. Реакторы растворения. Традиционные реакторы растворения ПАН также представляют собой реакторы с мешалкой. В будущем их перспективно заместить на книдеры - шнековые машины с высокой удельной производительностью.

3. Устройства фильтрации, представляющие собой пресс-фильтры.
4. Прецизионные шестеренчатые насосы раствора и расплава высокого давления, системы дозирования (экструдеры)
5. Формовочные узлы и фильеры. Данная часть является наиболее сложной и наукоемкой, причем по ней доступно крайне мало информации из зарубежных источников, поскольку конструкция этого узла является особо охраняемой коммерческой тайной всех коммерческих компаний, работающих в этой области. Отдельно необходимо отметить конструирование фильер - металлических дисков, часто из драгоценных металлов (золото, тантал и др.) содержащих капилляры сложного профиля. В фильерах для получения ПАН-прекурсора число отверстий может достигать 48 000, а диаметр капилляра может иметь диаметр менее 50 мкм. Для волокон нового поколения может быть необходим диаметр 20-10 мкм и менее с максимальным качеством точности и шероховатостью менее 0,01 в капилляре. В России технологии получения таких фильер утрачены и в одном из проектов, составляющих научный задел (см. раздел "Руководитель ПИШ"), в настоящее время проектная команда занимается восстановлением этой компетенции. При разработке фильер и фильерных блоков широко применяют методы CFD-моделирования реодинамики формовочных растворов, расплавов полимеров, золь-гель систем, которые представляют собой неньютоновские вязкоупругие жидкости со сложными, в ряде случаев аномальными моделями течения.
6. Транспортирующие машины, представляющие собой вальцы с прецизионным высокомоощным электроприводом, тянущие волокно на всем процессе формования. Данный тип оборудования с небольшими отличиями также применяется в проекте 2 (транспортировка жгутов углеродного волокна) и проекта 4 (пропиточные препрегов машины).
7. Ванны и другие устройства отмывки и обработки волокна (нанесение аппрета, замасливателя), устройства ориентационной вытяжки, шахты обдува, ванны электрохимической обработки и другое вспомогательное оборудование.
8. Датчики онлайн-мониторинга качества, характеристик волокна.

Данный подпроект имеет стратегическое значение для текстильной промышленности. Индустрия полимерных волокон, в особенности высокотехнологичных, претерпела в 90-е даже больший упадок, чем химическая отрасль. Нарботки и продуктовая линейка оборудования, созданная в результате настоящего научного проекта, может быть в дальнейшем адаптирована для многих других видов волокна. Принципиально структура проекта схожа с описанными выше. Данный проект представляет дополнительную сложность для университета, поскольку значительная часть оборудования является динамическим. Для усиления проектной команды привлечена группа проектирования и моделирования с существенным опытом в машино- и приборостроении, накопленным в процессе работы во ФГУП ВНИИА и других организациях ГК Росатом.

**Направление 3 научно-технологической программы. Технология и оборудование производства изделий из полимерных и композиционных материалов.**

Проект направлен на разработку продуктовой линейки оборудования и технологической оснастки для производства изделий из полимерных и композиционных материалов. Проект включает как разработку оборудования переработки термопластов и дисперсно-упрочненных термопластичных ПКМ (экструдеров, термопластавтоматов), так и оборудование переработки армированных композитов: RTM, автоклавное оборудование, пропиточные машины для получения препрегов и пултрузии и пр. Частной задачей изготовления оснастки (пресс-форм) для оборудования для переработки полимеров и композитов. В ходе реализации проекта предусмотрена широкое использование станков ЧПУ (в т.ч. с гидроабразивной резкой) и 3D-принтеров, работающего по технологии SLM-печати, для изготовления пресс-форм.

Создание отечественного машиностроения в области переработки полимеров и композитов является стратегически важной задачей. Например, в РФ полностью отсутствует выпуск термопластавтоматов, а строительство совместных предприятий (в т.ч. с турецкой компанией «Nurmak») остановилось на стадии проектирования. В РФ имеется только одно предприятие по производству экструзионного оборудования, но оно покрывает не более 5% потребностей рынка переработки полимеров в РФ.

В качестве ряда подпроектов предусмотрена разработка линейка оборудования и технологий для получения полуфабрикатов ПКМ (препреговых машин, машин SMC/BMC и др.)

Отдельным подпроектом является создание технологии получения термопластичных (в том числе суперконструкционных) материалов и 3D-принтера для печати пространственно-армированных конструкций.

Доля импорта на основное и вспомогательное оборудование для переработки полимеров и композитов, программное обеспечение, приборы для испытаний и запчасти составляет 80-90%. Оснастка (формы и головки), периферическое оборудование изготавливаются в основном за рубежом (60-80%). Такое значение является критически высоким в условиях современных политических и экономических реалий.

В РФ в 2021 году было произведено 7,19 млн тонн полимеров. При этом только 3,99 млн тонн пошло на переработку на предприятиях на территории РФ. То есть 44,5% производства ушло на экспорт. Однако из 21% используемых в РФ изделий было получено по импорту. Это говорит о потенциале промышленной переработки полимеров в РФ. Высокая доля импорта связана и с отсутствием квалифицированных кадров, занимающихся химическим машиностроением, в т.ч. и после ликвидации профильного института (МИХМ).

Потребители: АО «ЮМАТЕКС», АО «Композит», в дальнейшем – организации ИЦК «Химия», организации индустрии переработки полимеров, волокон.

**Направление 4 научно-технологической программы. Цифровые двойники химических производств.**

На базе платформы автоматизации химико-технологического оборудования и систем, работающей на уровне сбора и транспорта данных, будет развернута платформа для разработки цифровых двойников специального химического оборудования и технологических процессов. Данная платформа представляет собой комплекс интегрированных программных модулей, большинство из которых имеют двусторонний интерфейс, закрывающих полный технологический цикл от синтеза исходных веществ до эксплуатации конечных изделий. На пространственно-временной координатной плоскости комплекс модулей призван решать задачи от микро- (молекулярная механика, молекулярная динамика, квантово-механические расчеты) до макро- уровня (CAD/CAE/CAM/CAO) и от наносекундных взаимодействий атомов и молекул до вопросов старения материалов в ходе многолетней эксплуатации.

Ключевой задачей является обеспечения масштабирования разрабатываемых в ходе создания конкретного ЦД методов и подходов на смежные отрасли. Для этого будет сделан значительный акцент на проработке онтологии используемых баз данных и методов их обработки.

Очевидной сложностью проекта является интеграция разноуровневого ПО в единую систему ввиду изначальной несовместимости форматов входных и выходных данных. В то же время, для обеспечения заявленной точности параметров ЦД (отклонения не более 5%) его реальному близнецу, проведение детальных расчетов на низлежащем уровне и импорт полученных результатов на более высоком уровне (MD (Biovia/Chemkin/) / CAE (Ansys/Simulia/CAE Fidesys/FlowVision/Логос) / CAE/CAO (Aspen/TwinBuilder/GIBBS/SimInTech)) является практически необходимостью.

С точки зрения алгоритма разработки цифрового двойника, заложенного в платформу, применяется известный подход с нарастанием сложности моделируемых объектов и процессов с постадийным переходом от цифрового двойника продукта / изделия / конструкции (DT-1) к цифровому двойнику технологического процесса (DT-2) и далее к умным цифровым двойникам первого (SDT-1, без цифровой тени) и второго (STD-2, с цифровой тенью) уровней. При этом в ходе нарастания адекватности получаемых ЦД экспоненциально растет их сложность, а, следовательно, и нагрузка на вычислительные мощности.

Для частичной компенсации как сложности подготовки задачи для моделирования, так и временных затрат на работу решателей, в проекте заложено использование модульных 1D инженеринговых систем (MATLAB + Simulink, SimInTech) с использованием моделей пониженного .

Создание единой платформы (фабрики), инженерных цифровых средств как **ключевого продукта научно-технологической программы** для генерации ЦД разных уровней и назначения позволит существенно сократить число натурных испытаний и сроки на выполнение НИОКР, создать несуществующие в настоящий момент инженерные цифровые средства СУУТП и РТО для повышения эффективности эксплуатации производств МСХТ, спецхимии и материалов, а также обеспечить переход научной и образовательной деятельности к практической ориентированности.

### **Подпроект «Технология и платформа создания цифровых интерактивных обучающих курсов»**

Для ускоренного и эффективного поиска и подготовки кадров планируется использовать разработанные в ПИШ ХИМ цифровые интерактивные курсы, которые направлены на изучение

базовых теории и практики из различных сфер деятельности. Разработка отдельных специализированных курсов (см. раздел 3) будет вестись одновременно с разработкой инструментария - универсальных платформ для ускоренной разработки подобных курсов в будущем. Разработка универсальных платформ для разработки курсов позволит масштабировать технологии обучения, что в свою очередь приведет к значительному увеличению количества выпускаемых кадров с необходимыми навыками и компетенциями. В настоящий момент уже имеется платформа для ускоренной разработки приложений, в том числе в виде обучающих курсов и виртуальных тренажеров, работающая на основе “деревьев поведения” и “деревьев состояния”. В конечной стадии разработки находится платформа для создания мобильных справочных систем, в том числе с визуализацией с технологиями VR и AR.

#### **Подпроект «Платформа автоматизации химико-технологического оборудования и систем».**

Направлен на разработку модульной цифровой технологической платформы, в будущем самостоятельного продукта ПИШ ХИМ, развиваемого на стыке технологических и машиностроительных проектов и концепции цифровых двойников

Результат проекта направлен на управление создаваемым химико-технологическим оборудованием на низовом аппаратно-логическом уровне. Любой частный технологический проект, обеспеченный финансированием (в частности, по ПАН и УВ волокну) – готовая естественная основа для расширения постановки задач и обобщения решений – в направлении принципиальной цели, выраженной в нескольких формах:

- самостоятельное технологическое и коммерческое значение и широкая применимость всех наших низовых технологических наработок – цифровых технологических модулей (кросс-проектная и кросс-секторальная применимость – любой ценой оторванная от исходного одного частного проекта);
- развитие модульной цифровой технологической платформы (линейки базовых цифровых технологических модулей) как самостоятельной линейки продуктов;
- выход на уровень возможностей и преимуществ COTS-решений (Commercial Off-The-Shelf) при создании конечных технологических решений (агрегатов, установок) на модульной цифровой технологической платформе.

Каждый новый проект в области химического машиностроения развивает модульную платформу как основу. Примеры базовых цифровых технологических модулей, разрабатываемых в волоконном проекте: реакционные блоки, печи, секции сушилки, протяжки, намотки, формования, датчики натяжения, расхода и др. Так, например, секция сушилки в составе линии получения волокна автономно обеспечивает регулирование температуры и расхода, защиту от аварийных режимов, отчитывается по состоянию своего оборудования и фактическим показателям работы. Каждый модуль является независимым продуктом, имеющим простое но самостоятельное технологическое значение – может быть испытан (и даже эксплуатироваться) вне интеграции или независимо от неё – (каждый модуль как продукт) сопровождается сервисным SCADA, обеспечивающим HMI (операторский интерфейс) для ПСИ, ПНР, эксплуатационной и сервисной диагностики, индивидуальной эксплуатации, представляющим также примеры /

заготовки по использованию интерфейса модуля в интеграции и по связанной с модулем части SCADA-решения установки.

**Преимущества решений автоматизации, базирующихся на технологической структуре объекта (с интеграцией цифровых технологических модулей).** Такая естественная для объекта структуризация упрощает диагностику, анализ и локализацию проблем, повышает надёжность, упрощает документацию, монтаж, структурирует и упрощает программное обеспечение. Такие решения легко развивать поэтапной модернизацией на уровне отдельных модулей. Интересные частные случаи коммерциализации цифровой модульной технологической платформы:

- цифровизация (оснащение встраиваемой системой управления) «чужих» существующих и новых продуктов уровня «технологический модуль» – в партнёрстве с разработчиками, производителями и поставщиками;
- цифровизация технологических модулей, входящих в состав действующих (находящихся в эксплуатации, «старых») агрегатов и установок партнёров – как базовый этап с последующим интеграционным решением автоматизации (в рамках проекта модернизации производства) – уникальная услуга, равноценная реинжинирингу от производителя

В представленном подходе к автоматизации, базирующемся на технологической структуре объекта (с цифровизацией технологических модулей и последующей интеграцией) мы можем иметь преимущества перед профильными компаниями на рынке автоматизации, поскольку большинство из них представляет определённые средства автоматизации и будет действовать не от структуры и логики объекта (как в описанном подходе), а от логики средств – эти подходы противоположны, «наши» потребители – те, кто предпочтёт объектно-ориентированный подход средство-ориентированному.

По мере развития модульной платформы сокращаются доля разработок с нуля и дублирование разработок в проектных группах РХТУ и партнёров (сдерживая разрастание однотипной номенклатуры), растёт доля COTS-решений. Модульная платформа повышает статус и ценность конечного проектного результата (технологической установки) для заказчика. Обеспечивается гибкая вариантность по масштабу, структуре и производительности конечных решений (установок) – упрощается проектирование, инсталляция, ПНР, эксплуатация и модернизация. Увеличение уровня повторной применимости модулей платформы интенсифицирует апробацию, взаимодействие с партнёрами и накопление опыта, повышает уровень обработанности решений и продуктовую самооценку, серийность и надёжность модулей, сокращает затраты на обучение, проектные и эксплуатационные.

Проект будет соответствовать инициативе председателя ИЦК «Химия» АО «МХК «ЕвроХим» - концепции открытой АСУТП.

Потребители: АО «ЮМАТЕКС», АО «Композит», в дальнейшем – организации ИЦК «Химия», организации индустрии переработки полимеров, волокон.

В горизонте 2024-2025 год ПИШ ХИМ ставит целью открытие 5-го направления научно-технологической программы в области индустрии крупнотоннажных веществ и полимеров, а

также встраивание во внешнюю систему разделения труда, действующую в интересах организаций, входящих индустриального центра компетенций «Химия».

Деятельность ПИШ ХИМ в области разработки создания химического оборудования является составной частью каждой из научно-технологических программ, иллюстрируются схемой:



При разработке химического оборудования ПИШ ХИМ будет применять реинжиниринг - то есть воспроизведение существующих образцов оборудования. Однако в отличие прямого копирования (подход, применяющийся в основном в Китае), будет применяться подход “гибридного реинжиниринга”. Объект будет оцифровываться с созданием цифрового двойника (Smart Digital Twin), в него будут вноситься изменения, обусловленные накопленными компетенциями и располагаемыми производственными возможностями. В ряде случаев оборудование может быть изменено, например в случае разработки собственной технологии или при изменении технологии изготовления оборудования. В ряде случаев планируется применять аддитивную технологию (3D-печать металлическими материалами). То есть каждый технологический узел будет переосмыслен в соответствии с возможностями и задачами проекта, и, по возможности, улучшен с использованием подходов геометрической оптимизации на основе связанных моделей вычислительной гидродинамики с химическими процессами, а также новых подходов поиска начальной формы реактора (нейросети, ТРИЗ и др.). Это позволит быстро наработать собственную базу ноу-хау, в то время как в компаниях развитых стран накопление компетенций и ноу-хау происходило десятилетиями (США, Европа, Япония).

Деятельность ПИШ ХИМ в области создания технологического оборудования планируется организовать по модели “технологического агрегатора”. Для этой модели за основу взято современное европейское высокотехнологичное предприятие - представитель малого бизнеса, где сосредоточены сильные инженерные компетенции, за счет которых оборудование разрабатывается и далее составляющие его узлы изготавливаются силами аутсорсинга. То есть,

компания лишь закупает стандартные узлы и распределяет заказы на изготовления нестандартных узлов в различных производственных компаниях (это могут быть заказы деталей металлообрабатывающим компаниям, заказ на контрактное производство электроники и т.п.), а на собственных мощностях осуществляет сборку, да и эта функция часто делегируется контрактному производству. Дефициты исследовательских компетенций такие компании закрывают за счет масштабной кооперации с академическим сектором, в нашем же случае они уже присутствуют (или создаются) в университете. Подготовка к переходу к организации серийного производства отдельных линеек оборудования (в первую очередь оборудования для производства изделий из полимеров и композитов) в парадигме умных фабрик запланирована на 2025-2026 года, тогда же планируется запуск соответствующих образовательных программ.

Таким образом, ПИШ ХИМ – это не производственная компания, но концентратор, центр компетенций, осуществляющий генерацию знаний (в области продуктов, технологий, оборудования, химико-технологических систем, а также методологии и средств их цифрового проектирования), воспроизводство кадров и трансляцию компетенций. Компетенции в области методологии и средств конструирования, проектирования и R&D будут расположены преимущественно в ПИШ ХИМ на ~100%. Компетенции в области исследований природы химии, материалов в зависимости от целесообразности могут быть сосредоточены как в Университете, так и в ПИШ ХИМ (в том числе во вновь создаваемых лабораториях), так и в других исследовательских организациях в составе консорциума. Производство же будет распределенным. До 20-30% наиболее наукоемких, ответственных производственных задач будут решаться на базе инфраструктуры ПИШ ХИМ, в том числе точное машиностроение (пример: отверстия фильер для получения волокна) и прототипирование, 70-80% производственных задач будет решаться на материальной базе технологических партнеров и контрактных производств.

#### 4.1.1. Программа научных исследований и разработок (Сведения о планируемых научных исследованиях и разработках)

| Название научного исследования и(или) разработки                                         | ГРНТИ                                                     | Дата начала | Дата завершения | Задействованные в реализации, высокотехнологичные компании партнёры            |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Цифровые двойники химических производств                                                 | 20.00.00 Информатика                                      | 01.07.2022  | 31.12.2030      | ЮМАТЕКС АО<br>КОМПОЗИТ АО<br>ГК ТИТАН АО<br>НЕОГАЗ ООО<br>ВНИИА ФГУП<br>ИСС АО |
| Технология и оборудование производства полимерных, углеродных и специальных волокон      | 61.00.00 Химическая технология. Химическая промышленность | 01.07.2022  | 30.06.2025      | ЮМАТЕКС АО<br>КОМПОЗИТ АО                                                      |
| Технология и оборудование производства изделий из полимерных и композиционных материалов | Химическое и нефтяное машиностроение                      | 01.01.2024  | 31.12.2030      | ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП                                                       |

| Название научного исследования и(или) разработки                                                                          | ГРНТИ                                                     | Дата начала | Дата завершения | Задействованные в реализации, высокотехнологичные компании партнёры                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                           |                                                           |             |                 | КОМПОЗИТ АО                                                                           |
| Технологии и оборудование производства средне- и крупно-тоннажных веществ и полимеров                                     | 61.00.00 Химическая технология. Химическая промышленность | 01.01.2024  | 31.12.2030      | ЮМАТЕКС АО<br>ГК ТИТАН АО                                                             |
| Много-ассортиментное производство мало- и среднетоннажной химии (МСТХ) и спецхимии. Новые, проточные химические реакторы. | 61.00.00 Химическая технология. Химическая промышленность | 20.09.2022  | 20.09.2025      | ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>КОМПОЗИТ АО<br>НЕОГАЗ ООО<br>ГК ТИТАН АО |

#### **4.2. Деятельность в области инноваций, трансфера технологий и коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности**

Обобщенно результат интеллектуальной деятельности ПИИШ ХИМ будет включать следующее: созданную пилотную установку, описание технологии с ее использованием (или исходные данные на проектирование) и комплект РКД. РИД такого типа в рамках ПИИШ ХИМ могут быть получены в результате двух типов входящих задач на НИОКТР:

**1) Специфические узкоспециализированные задачи конкретного заказчика.** Решение таких является целевым и в значительной степени определяет конкурентные преимущества продуктов заказчика (Пример: узел формования ПАН-волокон, заказчик АО «ЮМАТЕКС»).

**2) Неспецифичные задачи заказчика.** Решение таких задач часто бывает необходимо для реализации различных комплексных проектов, но не имеет прямой ценности для заказчика, не определяет конкурентные преимущества продуктов заказчика. Такие решения часто являются сквозными в химической отрасли. Заказчик не понесет убытки при закреплении права на РИД за ПИИШ ХИМ и при потенциальной продаже решения другим участникам отрасли. Пример: оборудование общей химической технологии (например – ректификационная колонна в составе производственной линии ПАН-завода).

Обращение с правами на РИД первой категории возможно по следующим сценариям:

1) Отчуждение лицензии с передачей патента заказчику и выплатой паушального взноса/роялти. Данный вариант очевидно предпочтителен для многих заказчиков. Однако минусом этого варианта является то, что ПИИШ ХИМ прекратит развитие технологии после передачи, хотя и увеличит свои компетенции в процессе выполнения проекта.

2) Передача заказчику эксклюзивного права использования результата с сохранением патента за РХТУ. Этот вариант более предпочтителен, так как ПИИШ ХИМ продолжит развитие технологии, а

заказчик получит специальные условия на технологию/ оборудование следующих поколений.

Обращение с правами на РИД второй категории возможно по следующим сценариям:

3) Передача заказчику неисключительной лицензии на использование результата.

4) опционально ПИШ ХИМ создаст спин-офф: производственную компанию, которая будет продавать созданное решение на рынке.

Сценарии 3 и 4 имеют несколько плюсов:

- ПИШ ХИМ продолжит развитие технологии
- Спин-офф будет укомплектован проектной командой – выпускниками ПИШ ХИМ
- Заказчик получит специальные условия на технологию/ оборудование следующих поколений
- Заказчик может быть сооснователем производственной компании

Таким образом, задачи второй категории представляют для ПИШ ХИМ дополнительный интерес, поскольку способствуют развитию бизнеса не только партнера, но и отрасли в целом. Во втором случае ПИШ ХИМ будет пытаться принимать на себя роль стартап-студии и позиции технологического предпринимателя, делегируя производство решения и его реализацию на рынке вновь создаваемой производственной компании. ПИШ ХИМ внесет в уставный капитал созданный РИД и кадрово укомплектует ее командой из выпускников (ведь в целевой модели ПИШ ХИМ студенческая команда принимала непосредственное участие в разработке решения). Для начала деятельности будут необходимы инвестиции, которые поможет обеспечить центр трансфера технологий университета, а инвестором может стать Заказчик - постановщик изначальной задачи. В рамках одного заказа на НИОКТР может возникать несколько таких продуктов. Очевидно, что такой идеализированный сценарий не будет массовым, но мы рассчитываем выйти к 2024 году на устойчивый показатель до двух-трех создаваемых компаний спин-оффов в год.

Описанный сценарий, в котором ПИШ ХИМ выступает в роли стартап-студии намного более реалистичен чем попытки подготовить серийных технологических предпринимателей в ходе реализации образовательных программ. Модель стартап-студии значительно надежнее и результативнее, чем обычный стартап. Кроме того, подготовить инженеров экстракласса проще, чем подготовить инженеров экстра класса, способных также эффективно занимать позицию технологического предпринимателя. Фокусируясь в первую очередь на подготовке инженеров экстракласса, ПИШ ХИМ не ставит себе первоочередной цели подготовки технологических предпринимателей, но не отказывается от этой задачи. Например, в рамках образовательных программ внимание будет уделено развитию продуктового, предпринимательского и бизнес-мышления, поскольку эти аспекты являются контекстом деятельности инженера. Развивать эти виды мышления планируется в рамках проектного трека, в процессе прохождения через жизненный цикл проекта и продукта, в том числе в процессе работы с наставниками - представителями заказчика.

Предпринимательская функция же самой ПИИШ ХИМ будет обеспечена не только ее командой, но и советом директоров, включающих представителей бизнеса.

Таким образом, модель управления правами на интеллектуальную собственность реализуется в соответствии со схемой:

**4 основных сценария распоряжения интеллектуальной собственностью:**

**Заказчик**



**Специфические задачи заказчика**

Решение является целевым и в значительной степени определяет конкурентные преимущества продуктов заказчика

Пример: узел формирования ПАН-волокон (Заказчик АО «ЮМАТЕКС»)

**Неспецифические задачи заказчика**

Решение не имеет прямой ценности для заказчика, не определяет конкурентные преимущества продуктов заказчика

Заказчику не понесет убытки при закреплении права на РИД за РХТУ-ПИИШ и при потенциальной продаже решения другим участникам отрасли

Пример: оборудование общей химической технологии (например – ректификационная колонна)

1) Отчуждение лицензии с передачей патента заказчику и выплатой паушального взноса/роялти

– РХТУ-ПИИШ прекратит развитие технологии после передачи, но увеличит компетенции

или

2) Эксклюзивное право использования результата с сохранением патента за РХТУ

+ РХТУ-ПИИШ продолжит развитие технологии  
Заказчик получит специальные условия на технологию/оборудование следующих поколений

3) Передача заказчику неисключительной лицензии на использование результата

+ РХТУ-ПИИШ продолжит развитие технологии  
+ Спин-офф будет укомплектован проектной командой – выпускниками ПИИШ

+ опционально:

4) ПИИШ создаст спин-офф: производственную компанию, которая будет продавать созданное решение на рынке

+ Заказчик получит специальные условия на технологию/оборудование следующих поколений  
+ Заказчик может быть сооснователем производственной компании

Деятельность передовой инженеринговой школы в области инноваций, трансфера технологий и коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности будет реализована в рамках взаимодействия с Центром трансфера технологий.

ПИИШ ХИМ действует в проактивной позиции с целью доведения результатов научных проектов до максимально возможных уровней готовности (технологической, производственной, рыночной), в том числе с использованием перечисленных механизмов:

- разработка и утверждение в виде документа совместно с промышленными партнерами кратко-, средне- и долгосрочной научно-технологической повестки и научно-технологической программы, содержащей обязательную продуктовую составляющую, с указанием финансирования со стороны промышленных партнеров ПИИШ ХИМ. Механизмы управления научно-технологической повесткой и программой разрабатываются в виде самостоятельного бизнес-процесса (включая нормативные документы) в период 2023-2024 гг.
- выявление при формировании научно-технологической программы сквозных технологий, реализация которых дает косвенные продукты, неспецифичные для потребностей промышленных партнеров ПИИШ ХИМ, и их закрепление в качестве дополнительных возможностей (включая обеспечивающие технологии, продукты, оборудование, сервисы) развития отрасли, создания SPIN-OFF включая массового и потребительского сектора, адаптации результатов, полученных для нужд спецхимии и спецматериалов. Это один из инструментов трансляции научного и технологического знания, сервиса.

- инициация создания консорциумов для реализации научно-технологических программ.

### 4.3. Образовательная деятельность

Для достижения целей и задач ПИШ ХИМ сформулированы основные принципы подготовки инженеров в передовой инженерной школе:

1) Контекст новой (4-й) промышленной революции (а значит и парадигма разработки, проектирования, производства) и национальных стратегий, а также ESG-факторы учитываются по-умолчанию.

2) Обеспечение условия в процессе обучения, максимально приближенным к реальной инженерной деятельности.

- Интеграция процесса обучения с решением практических задач.
- Длительная стажировка(и) в индустрии.
- 100% реальные проекты, комплементарные с коммерческими проектами ПИШ ХИМ, с финансированием и сроками и 100%-м трудоустройством в ПИШ ХИМ.

3) Высокие входные требования к компетенциям :

- английский, естественные науки, мотивация (для интегрированной программы);
- инженерные науки, ИТ, CAD/CAE и др.(для магистерских программ).

4) Целевой является подготовка инженерного спецназа SCIENEER-O и системных инженеров. SCIENEER-O:

- Встраивается в любую команду, с нулевым сроком адаптации на рабочем месте или в составе проектной команды.
- Преодолеывает трудности: неопределенность, ограниченные ресурсы, противодействия.
- Идентифицирует и решает проблемы.
- Не жалуется, обладает жизнестойкостью.

Некоторые другие целевые качества выпускника ПИШ ХИМ:

- уверенность в себе и решительность, но не высокомерие;
- выраженная готовность к лидерству и к работе в команде;
- готовность к смене ролей в команде;
- глубокое понимание важности командной работы;
- способность строго выполнять предписания по реализации процесса при понимании того, когда надо остановиться и внести изменения;
- приспособленность к работе в условиях неопределенности и недостаточности информации;
- убежденность в том, что следует надеяться на лучшее, но планировать худшее;
- эффективность, высокая производительность;

5) Студенто-проектно-центричность и преобладание активных форматов обучения:

- Тренажеры и геймификация в плюс к дисциплинам.
- Проектный метод без компромиссов.
- Самостоятельное конструирование образовательной траектории.
- Крупный командный проект – до 70% обучения.

б) Реализация программ и учебных проектов в контексте жизненного цикла продуктов, процессов и систем в соответствии с подходом CDIO

- Студент проходит через все стадии в процессе обучения: замысел – проектирование – реализация – управление и производство

7) Применения системы управления требованиями к профилю компетенций. Содержание программы, результаты ее освоения – компетенции выпускников динамически обновляются в зависимости от набора факторов (портфель проектов, стейкхолдеры, ситуация на рынке и др.). Система принципов систематизирована в целевой модели **SCIENEER-O** (SCIENTIST-ENGINEER + HERO). **SCIENEER** (SCIENTIST-ENGINEER) - парадигма подготовки кадров новой формации, заявленная РХТУ им. Д.И. Менделеева в программе Приоритет-2030. Если парадигма **SCIENEER** ориентирована на относительно массовое образование, то **SCIENEER-O** является ее элитной версией, а ее продуктом - инженерный спецназ.

**Всего в рамках ПИШ ХИМ планируется два кластера новых образовательных программ:**

1. Химическое машиностроение. Область деятельности выпускников - создание химического оборудования (разработка химико-технологического оборудования и организация его производства).
2. Системная химическая инженерия. Область деятельности выпускников - в первую очередь создание химических производств (промышленный (объектовый) инжиниринг, организация и запуск комплексных химико-технологических систем, реализация ЕРС/ЕРСМ контрактов), во вторую очередь - реализация комплексных программ проектов в химической отрасли на стыке с другими отраслями в сложном контексте (реализация СНТР в условиях ограничений - санкций, ESG и пр.).

**Во обеспечение междисциплинарности каждый кластер будет представлен несколькими направлениями подготовки.** В первую очередь это 15.00.00 Машиностроение, 09.00.00 Информатика и вычислительная техника, 18.00.00 Химические технологии, 27.00.00 Управление в технических системах, 22.00.00 Технологии материалов. Суммарно набор может быть структурирован следующим образом (на примере магистерской программы):

| Направление подготовки<br>(укрупненная группа) |                                          | Суммарный набор |           |            |
|------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|-----------|------------|
|                                                |                                          | МГ              |           |            |
| MAJOR                                          |                                          | 2022            | 2023      | 2024       |
| 18.00.00                                       | Химические технологии                    | 6               | 24        | 30         |
| 15.00.00                                       | Машиностроение                           | 6               | 24        | 30         |
| 09.00.00                                       | Информатика и вычислительная техника     | 4               | 16        | 20         |
| 22.00.00                                       | Материаловедение и технологии материалов | 2               | 8         | 10         |
| 27.00.00                                       | Управление в технических системах        | 2               | 8         | 15         |
| <b>ИТОГО</b>                                   |                                          | <b>20</b>       | <b>80</b> | <b>105</b> |

Каждая студенческая проектная команда будет междисциплинарной, то есть в нее войдут представители разных Major. Точное распределение по направления подготовки (Major) определяется ежегодно в зависимости от состава портфеля проектов ПИШ ХИМ.

Первоначально набор на образовательные программы предполагается в основном на бюджетные места, либо, при их отсутствии, на бесплатное для студента обучение за счет средств университета. По мере формирования бренда ПИШ ХИМ и с запуском интегрированных программ в 2023 году предполагается сформировать значительный спрос и обеспечить контрактный прием.

Такой набор образовательных программ необходим для имитации (хотя в нашем случае термин “имитация” можно и опустить) системы разделения труда в пределах студенческой проектной команды. Проводя параллель с западной системой специализаций CORE+MAJORS можно охарактеризовать образовательную систему ПИШ ХИМ следующим образом. Общая цель образовательной программы (кластера) - подготовка инженера в области химического машиностроения (или системного химического инжиниринга), а направление подготовки представляет собой MAJOR. В любом случае, тематика выпускного проекта будет связана со химическим машиностроением и химическими технологиями.

При этом каждый из кластеров будет запущен на двух уровнях высшего образования:

- 1) Для целевой аудитории абитуриентов - выпускников бакалавриата будет запущена магистратура.
- 2) Для целевой аудитории абитуриентов - выпускников школ и СПО будет запущена интегрированная 5- (или 6-) летняя программа, состоящая из 4-летней программы бакалавриата и программы магистратуры, которая может проводиться в ускоренном режиме за один год.

## 2 ОСНОВНЫХ ТЕМЫ:

1. ChemSysEng / Системная химическая инженерия
2. ChemMechEng / Химическое машиностроение



| МАJOR        | НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ                     |
|--------------|--------------------------------------------|
| Процессы     | 18.00.00 Химические технологии             |
| Оборудование | 15.00.00 Машиностроение                    |
| Цифровизация | 09.00.00 Информатика и вычислит-я техника  |
| Управление   | 27.00.00 Управление в технических системах |

## сроки обучения и целевая аудитория:

лучшие выпускники бакалавриата

MS  
МАГИСТРАТУРА  
2 года

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ПРОГРАММА  
5 лет

IP/BS 4 года БАКАЛАВРИАТА + 1 год, ускоренно

реальный проект

лучшие выпускники школ



Важно отметить, что предлагаемая программа может представлять собой не 2+2+1 (ускоренный вариант модели 2+2+2), а скорее модель 2+3. Наш и мировой экспертный опыт показывает, что именно 5-летний срок является минимальным для подготовки инженера экстра класса. Он вытекает как из необходимого для работы в отрасли сугубо дисциплинарного объема знаний и навыков, так и из практики вовлечения обучающихся в реальные процессы во время их обучения. Одновременно он комплементарен образовательному бенчмарку образовательных программ инженерной деятельности (MIT School of Engineering, Arizona State University, University College London, TU Delft). Лидирующие программы в области инженерной деятельности (Mechanical Engineering) в исследовательских университетах, во-первых, являются интегрированным (бакалавриат + магистратура), а во-вторых, часто 5-летними.

Аналогичная программа будет запущена в пилотном режиме и в нормативной рамке специалитета (\* 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов (специализация N 9 "Проектирование технологических комплексов химических и нефтехимических производств");).

### О программе “Системный химический инжиниринг”

Прежде чем перейти к детальному описанию образовательных программ, необходимо пояснить суть кластера образовательных программ “Системный химический инжиниринг”. Во-первых, необходимо сделать оговорку. Читатели-эксперты могут возразить, что системная инженерия не может быть сугубо химической, поскольку системная инженерия есть сущность заведомо более высокого порядка чем одна отрасль. Мы и не собираемся оспаривать этот факт. “Химический” в данном случае означает лишь контекст: проекты, на базе которых осуществляется обучение, будут связаны с химическим инжинирингом. В узком смысле, как уже упоминалось, можно понимать системный химический инжиниринг как комплекс действий по созданию химических производств (т.н. объектовый инжиниринг, который в современном мире чаще всего реализуется в рамках комплексных EPC(M) контрактов). Он включает в себя и разработку химической технологии и выбор оборудования, сборку, пусконаладку, эксплуатацию и др.

Более широкой трактовкой понятия “системный химический инжиниринг” может являться нахождение альтернативного решения - изменение концепции продукта верхнего уровня вместо импортозамещения одного из компонентов. Например, вместо замещения компонента полимерного связующего в составе композитной ветряной лопасти, изменяется состав всего материала, в котором набор компонентов уже другой. Очевидно, что методологически подготовить к инженерной деятельности такого рода вряд ли возможно, но можно разработать

технологии передачи новой модели мышления (системное мышление), что и будет реализовано в парадигме разработки и образования ПИШ ХИМ.

Запуск образовательной программы "Системный химический инжиниринг" подкреплено заделом университета не только в области науки и технологии, но и в области государственного управления. Так, соглашением от 10.07.2019 о намерениях между Правительством Российской Федерации и Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом» последняя определена ответственной за развитие в Российской Федерации высокотехнологичной области «Технологии новых материалов и веществ», позднее на основе решения исполнительного комитета 15.12.2020 (протокол № 1-1/106-Пр), РХТУ им. Д.И. Менделеева определен (среди вузов первым и на данный момент единственным вузом) оператором продуктового направления «Исходные химические компоненты и продукты для материалов и процессов (ИХК)». Данный аспект дополнительно обусловил тематизацию ПИШ ХИМ и выбор ГК Росатом в качестве якорного участника-партнера.

### **Дидактическая организация образовательных программ**

В основе образовательной технологии лежит подход CDIO, который внедряется с нуля и с полной ответственностью, а предусмотренная этим стандартом проектная составляющая, в особенности проектно-внедренческая составляющая деятельности инженера (Design-Implement) доводится до максимума. Мы назвали этот подход Ultimate-CDIO. Очень упрощая дальнейшую часть описания нашей образовательной технологии можно сказать, что главным является погружение студенческой проектной команды (у студентов не будет возможности работать над проектом индивидуально) в работу над реальным проектом ПИШ ХИМ (они были описаны в разделе 4.1 настоящей заявки) или над его значимой частью. При этом погружение является максимально приближенным к реальности вплоть до трудоустройства студентов с выдачей им реальных заданий с реальной ответственностью при выполнении выпускного проекта. При этом дисциплинарной составляющей отводится второстепенная роль. Отметим лишь, что таким неотъемлемым частям этого подхода как: учет и диагностика потребностей стейкхолдеров, постоянное совершенствование программы, активные методы обучения; будет уделяться максимальное внимание.

Таким образом, центральным инструментом наших образовательных программ является широкое применение проектного метода (**проектный трек**), венцом которого является «Выпускной проект» - реальная работа над реальным проектом.

Другой важнейшей составляющей нашей образовательной системы является создание широкого набора высокоэффективных интерактивных цифровых курсов, которые ставят своей целью обеспечение освоения основных необходимых инженеру (а также инженеру в области химии) знаний и навыков с минимально-возможным участием преподавателя и с минимально-возможным задействованием физического материально-технического обеспечения. При этом для обычных студентов ПИШ ХИМ будет предусмотрен набор практикумов, похожий на тот, которые проходят все студенты РХТУ. Однако наша исходная гипотеза предполагает, что при достаточном уровне развития цифровых курсов, материальный практикум может быть сокращен, или вообще отменен.

## **Проектный трек**

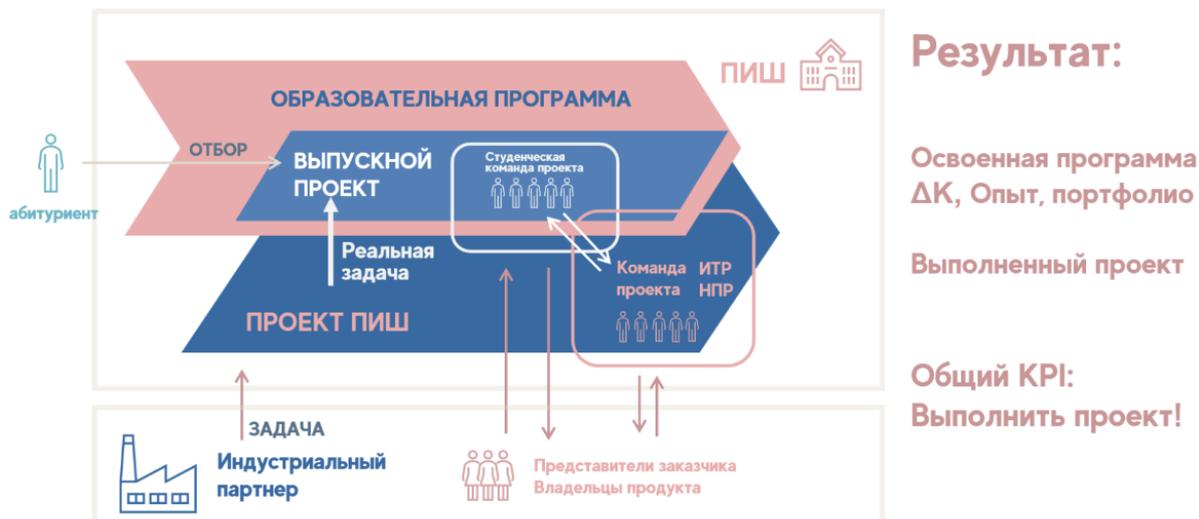
Освоение же инженерных КОМПЕТЕНЦИЙ будет осуществляться почти исключительно в процессе выполнения проекта. В магистратуре предусмотрен только один и сразу “боевой” **выпускной проект** на срок 1,5 - 2 года. Это накладывает очень жесткие требования на абитуриента - по сути инженерной и химико-технологической базой он должен владеть на очень высоком уровне и кроме того должен обладать набором определенных личных качеств. Об этом будет еще сказано подробнее позднее.

В интегрированной программе на 1-3 курсах предусмотрен **цикл учебных**, часто игровых проектов, цель которых научить применять полученные знания и навыки, большая часть из этих учебных проектов также будут командными. Указанные проекты связаны между собой и последовательно усложняются. Затем, на 4 и 5 (5-6) курсах, как и в программе магистратуры, следует **выпускной проект**.

Результат защиты выпускного проекта приравнивается к защите выпускной квалификационной работы, иных же форм ВКР (в том числе, например, традиционной научно-исследовательской работы) в образовательных программах ПИШ ХИМ не предусмотрено.

## **Выпускной проект**

Выпускной проект, в соответствии с принципом CDIO, будет направлен на создание командой студентов действующих продуктов, процессов или систем с учетом их полного жизненного цикла. В нашей системе образования у студента не будет возможности работать над выпускным проектом (а также над рядом учебных проектов) индивидуально. В рамках выпускного проекта, как мы уже упоминали, будет создана система разделения труда внутри студенческой команды. Для того, чтобы приступить к выполнению выпускного проекта, достаточность компетенций и личных качеств студента должна быть подтверждена. Для этого предусмотрена особая система отбора на программу магистратуры, а также система квалификации внутри интегрированной программы после 2-3 курсов обучения, при успешном прохождении через которую формируется окончательная проектная команда, студенты трудоустраиваются в ПИШ ХИМ, и после этого из “игрового” режима, обучение переходит в “боевой” режим. Такой подход лучше, чем любые другие педагогические технологии готовят выпускника к реальной профессиональной деятельности. Дополнительный элемент системы разделения труда включает уже представителей компании партнера, которые в нашей системе выполняют не только роль наставника, но в первую очередь - роль собственно представителя заказчика и/или роль владельца продукта:



Параллельно в ПИШ ХИМ создается зеркальная студенческой проектная группа из сотрудников ПИШ ХИМ, которая реализует реальный проект, из которого была выделена реальная задача для студенческого проекта. Модель R&D деятельности ПИШ ХИМ будет устроена таким образом, чтобы максимально возможную часть проекта выполнять “руками студентов”, при этом оставаясь “в тени”, то есть позволять группе студентов самостоятельно решать задачи и выдерживать коммуникацию с заказчиком. Понятно, что в какой-то степени эта модель идеализирована, и в реальности команде сотрудников часто придется подстраховывать студенческую команду, однако ключевой элемент - реальность и серьезность задач и возникающая вследствие этого ответственность будут неизменно.

Очевидно, что реализуема такая модель только при очень высоком уровне студентов, набрать (в магистратуру) или подготовить (в интегрированной программе) которых является большим вызовом. “Текучка” студентов будет высокой из-за сложности выполнения выпускного проекта, но отчисление направляющих будет “гуманным” - за счет перевода на “обычные” образовательные программы. Но вместо выбывших будет осуществляться постоянный набор новых кандидатов.

**Интерактивные цифровые курсы** экстракласса в первую очередь будут включать в себя пять основных модулей:

- 1 - **Ядро.химтех** (Процессы и аппараты химической технологии, Общая химическая технология и др.).
- 2 - **Ядро.химмаш** (Принципы производства, Химические реакторы, Химическое машиностроение).
- 3 - **Курсы по базовым инженерным дисциплинам** (в том числе: Введение в инженерную деятельность, Инженерная графика и цифровое проектирование (CAD), Прикладная и

вычислительная механика (CAE), Моделирование химико-технологических процессов (CAPP) и др.).

**4 - Курсы, связанные с химией и материаловедением** (Общая и неорганическая химия, Физическая химия, Аналитическая химия, Органическая химия, материаловедение, Инструментальные методы анализа и др.).

**5 - Курсы по предметной (отраслевой) области ПИШ ХИМ:** химическая технология органических веществ, тонкий органический синтез, проточные реакторы и микрофлюидные технологии, химия, физика и технология полимеров и композитов, углеродных материалов и т.д.

Данные курсы малозависимы от участия преподавателей, а значит будут легко масштабироваться и отчуждаться от преподавателя. Реализованы данные курсы будут, естественно, не только в форме записанных лекций и тестов/задач. Это будут полноценные симуляторы-тренажеры близкие по качеству и характеристикам вовлечения к компьютерным играм. Реализованы они будут в виде VR/AR приложений, а также в виде более доступных для широкого круга пользователей кросс-платформенных приложения для смартфонов и PC/Mac. Основную часть курсов планируется создать в первые 2 года работы ПИШ ХИМ за счет средств гранта.

На применении интерактивных цифровых курсов основана концепция сетевого обучения в ПИШ ХИМ. Предполагается, что оно будет, в основном, обеспечиваться за счет указанных интерактивных цифровых курсов. Аналогично значительная часть ДПО и программ профессиональной подготовки также будет базироваться на базе цифровых интерактивных курсов. На технологическую поддержку этой части программ развития ПИШ ХИМ направлен отдельный научный проект, целью которого станет создание удобной платформы и методологии создания курсов по инженерии и химии.

Перечисленные модули в основном будут обязательными в соответствующих образовательных программах ПИШ ХИМ (в первую очередь - интегрированных, магистранты же смогут осваивать их частично и/или при необходимости). В последующие годы каталог дополнится и необязательными курсами по выбору.



Отчуждаемая часть курсов:

инженерные курсы, ядро.химтех, хим.маш

войдут в дистанционные minors для сетевой доставки другим вузам.

А также будут использованы для разгрузки кампуса ПИШ и всего РХТУ.

### Курсы ПИШ

- Лекции – преимущественно онлайн
- VR/AR тренажеры вместо шаблонных лабораторных работ
- Практика и лабораторные работы – на кампусе, в виртуальных пространствах
- Самостоятельная практическая работа на кампусе
- Дисциплины интегрированы и синхронизованы с малыми проектами

### Элективы и minors

- 15% программы
- Цель – поддержка выпускного проекта
- Разнообразите источники
  - РХТУ
  - Сетевая форма: другие вузы
  - Платформы открытого образования
  - Приглашенные лекторы, в том числе индустрия
- Сервис для студентов: не только навигация в образовательном пространстве (тьюторство), но и Knowledge Mining: обеспечение доступа к курсам
- Образовательный инжиниринг

Широкое применение цифровых интерактивных курсов принципиально важно не только для ПИШ ХИМ, но и в целевой модели университета, поскольку оно позволит масштабировать программы по химической технологии (которые обычно масштабированию поддаются очень плохо из-за большой доли лабораторных практикумов и преобладания плохо отчуждаемой от преподавателя контактной нагрузки). Более того, часть таких образовательных программ, реализуемых общими (не выпускающими) кафедрами неизменно деградирует из-за того, что преподаватели загружены одним только преподаванием, у них не остается времени на развивающие их компетенции реальные научные и технологические проекты. Значительное замещение таких курсов на цифровые позволит преодолеть эту проблему, хотя и является крайне трудозатратным и дорогостоящим.

Способ и место освоения остальных дисциплинарных результатов освоения программы не носит решающего значения для задач ПИШ ХИМ. Они могут формироваться, например, за счет обучения на открытых онлайн-платформах или за счет сетевого взаимодействия с другими университетами. Однако на начальном этапе они будут осваиваться в основном образовательном пространстве РХТУ им. Д.И. Менделеева (вне ПИШ ХИМ).

Важную роль в образовательной системе ПИШ ХИМ играет сервис динамической сборки образовательной траектории и доставка разнообразного (в том числе нестандартного и труднодоступного) образовательного контента при необходимости (On Demand), в случае идентификации командой/студентов дефицита знаний и навыков. Данный сервис мы назвали добычей знаний (Knowledge mining). Для работы этого и смежных сервисов предусмотрен специальный отдел, которые, по сути, выполняет функцию учебного управления, но в активном режиме и на качественно более высоком уровне, собирая вариативную дисциплинарную часть программы непосредственно по мере ее реализации. Таким образом, дисциплинарная часть в наших программах составит 10-25% и будет динамически-конструируемой. Принципиальный учебный план образовательных программ ПИШ ХИМ будет структурирован следующим образом:



STEM: Science, Technology, Engineering, Mathematics (наука-технология-инженерия-математика)

IP/BS: 5-летняя интегрированная программа бакалавриат + магистратура или специалитет

MSc: программа магистратура, 2 года

ВП: основной выпускной проект, выполняемые в МГ и на 4-5 курсах IP/BS

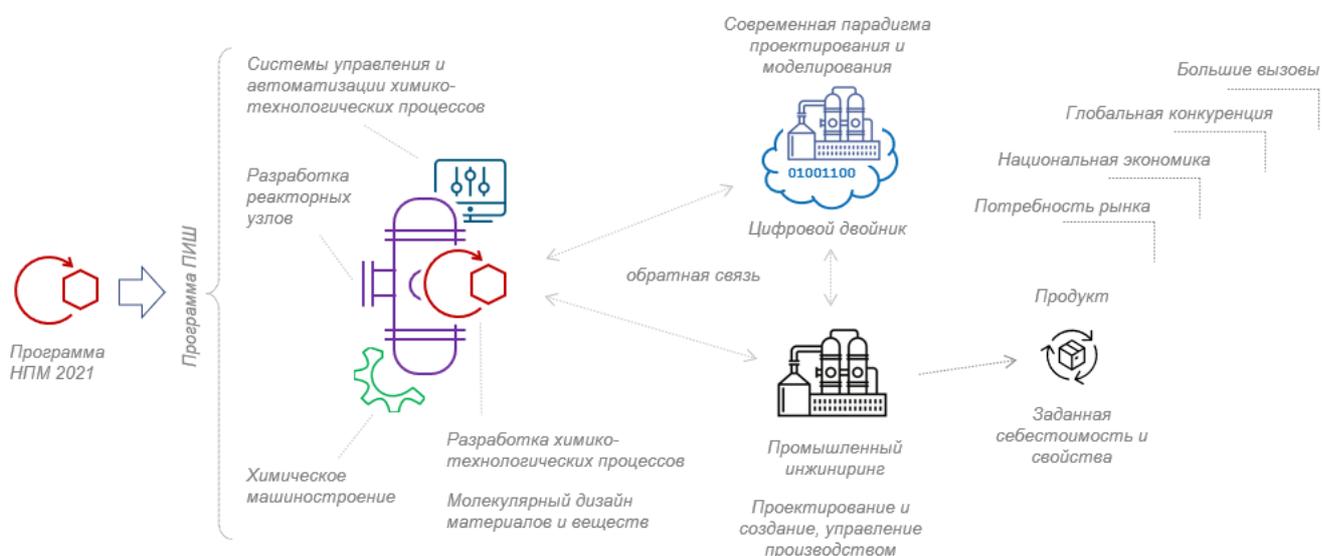
В ПИШ ХИМ будет применена сложная комплексная **модель компетенций**, которую можно охарактеризовать как проявляемая способность осуществления инженерного замысла в отношении химических продуктов, процессов, оборудования, систем и его реализации с вовлечением в процесс формирования замысла и реализации будущих партнеров по проектной группе, а также параллельной способностью ликвидации дефицитов себя и группы (знаниевых, навыковых, иных). Таким образом, компетенция в нашем понимании не формируется только лишь «знаниевой» компонентой, и даже не трудовыми функциями «знать-уметь-владеть» / «знание-умение-навык».

Важнейшая роль здесь отводится зеркальной команде проекта НПР/ПСС ПИШ ХИМ - которая должна будет осуществлять диагностику и оценку компетенций. Диагностика же прочих результатов освоения образовательной программы (знаний, навыков, пониманий, грамотностей и пр.) будет осуществлять более традиционными оценочными средствами, которые преимущественно будут автоматизированы в составе интерактивных цифровых курсов.

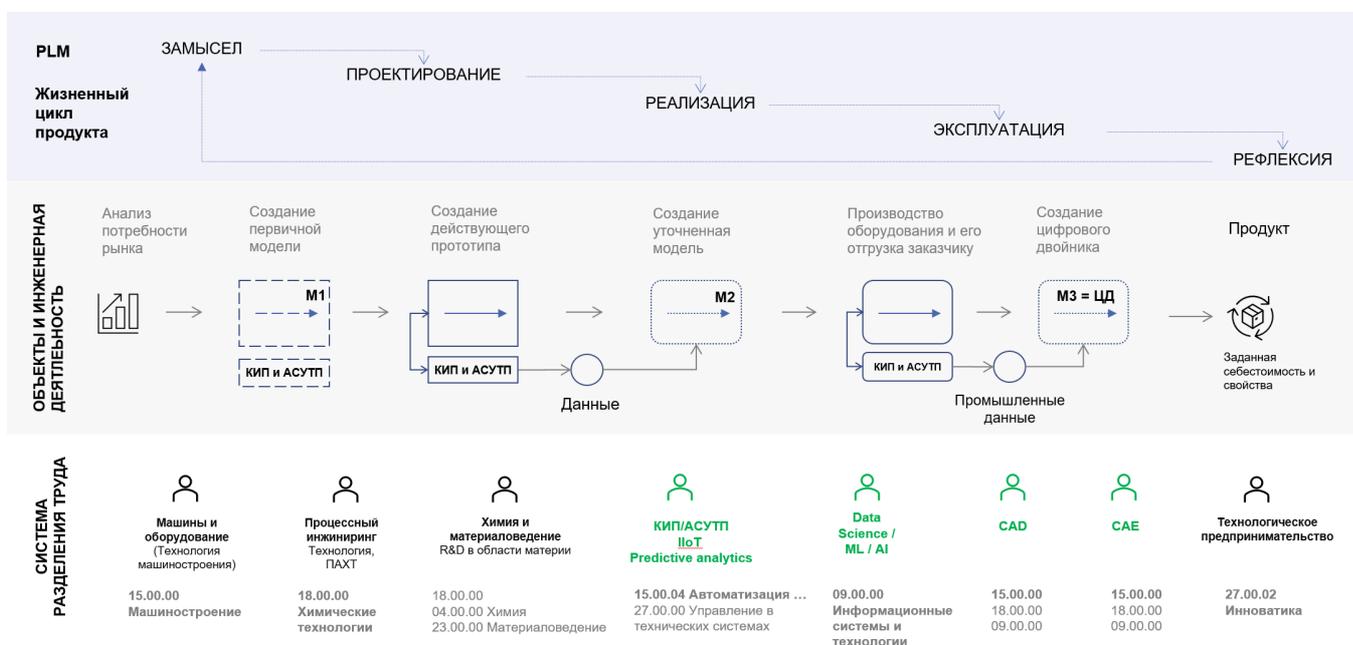
### Уникальность образовательной программы ПИШ ХИМ

Образовательная программа ПИШ ХИМ основана на программе факультета нефтегазохимии и полимерных материалов (НПМ) РХТУ им. Д.И. Менделеева 2021 года и является ее дальнейшим развитием. В этой программе уже было начато внедрение ИОТ, проектного обучения, цифровизация дисциплин, реализована модель 2+2.

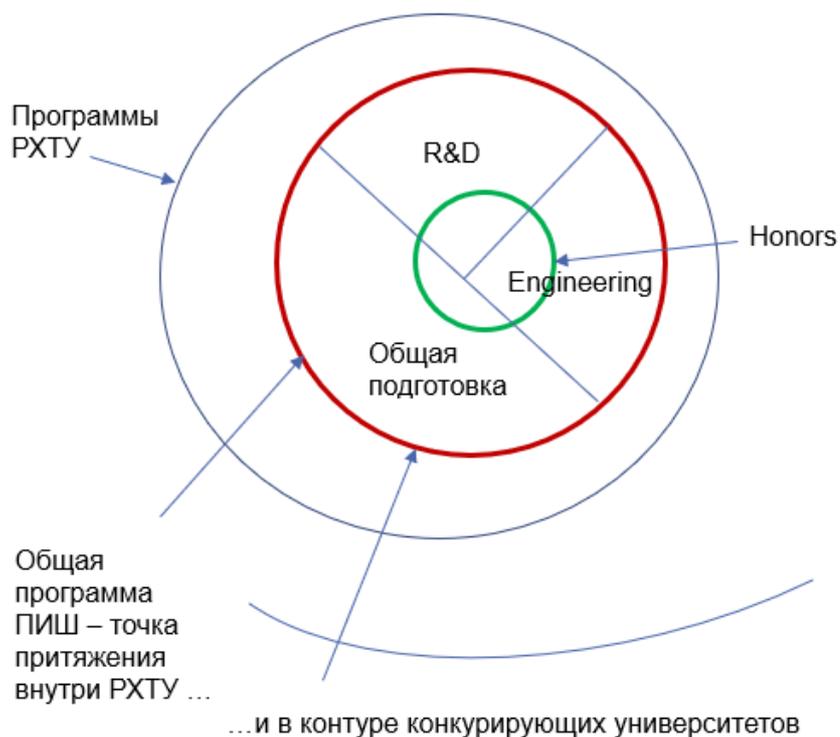
Программа НПМ 2021 была узкоспециализированной и посвящена в основном химической технологии. Программа ПИШ ХИМ является намного более комплексной:



Она включает и включает подготовку выпускников, способных образовать полноценную систему разделения труда для решения задач химического машиностроения и системного химического инжиниринга и обеспечить полный жизненный цикл проектов создания продуктов, процессов и систем в областях, связанных с химией:



- Программа ПИШ ХИМ условно делится на
  - Общую
  - Элитную (Honors)
- Основные отличия от других программ университета
  - Прием на 4 и более УГСН 18.03.00 (основной), 15.03.00, 09.03.00, 27.03.00, и др. и возможность смены направления после 2 курса. 4 соответствующих основных MAJOR – Химическая технология, Машиностроение, IT, Автоматизация. Единая ядерная программа первые 2 года обучения.
  - Свободный выбор предметного трека в первую очередь области нефтегазохимии, промышленного органического синтеза, полимерных и функциональных материалов (после 2 курса). 8 предметных треков, обеспеченные R&D потенциалом 6 кафедр и 3 научно-образовательных лабораторий мирового уровня. В дальнейшем количество предметных треков может быть увеличено за счет вовлечения других кафедр и центров компетенций университета.
  - Выбор основного вида деятельности (после 3 курса бакалавриата). R&D или инженерия (+технологическое предпринимательство)
  - Обязательный для всех цифровой модуль в рамках общеинженерных дисциплин и основных дисциплин химической технологии и усиленная базовая ИТ-подготовка CAD, CAE (FEM, Mech/Thermal, CFD), CAPP (Aspen HYSYS/Plus, GIBBS, ChemCAD)
  - Проектный трек – выполнение проектов на каждом курсе обучения  
*Императив применения теоретических знаний на практике*
  - Модуль Элективов – 10% от ООП. Свободный выбор одной дисциплины в каждом семестре, не обязательно по профилю ООП
- Основные отличия Honors от общей программы:



- Конкурсный отбор при поступлении, ротация обучающихся
- Дополнительные внеучебные стажировки
- Преобладание работы над реальными проектами, над нестандартными объектами
- Индивидуальные консультации экспертов при работе над проектом, наставник из индустрии
- Возможность продолжить обучение в магистратуре без экзаменов
- Переход от классно-урочной системы к модульной. Теория и навыки даются интенсивными модулями, после чего следует цикл применения на практике в реальном проекте.

Дополнительные уникальные курсы, приглашенные лекторы и эксперты под нужды проекта.

#### 4.3.1. Перечень планируемых к разработке и внедрению новых образовательных программ высшего образования и дополнительного профессионального образования для опережающей подготовки инженерных кадров

| Название образовательной программы                | Специальность и направления подготовки | Тип программы | Дата начала реализации образовательной программы | Дата завершения реализации образовательной программы | Задействованные в реализации, высокотехнологичные компании партнёры               |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Аддитивные технологии                             | Технологии материалов                  | Магистратура  | 01.09.2024                                       | 31.08.2050                                           | КОМПОЗИТ АО<br>ИСС АО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО |
| IP/BS-ChemSysEng-Materials / Системный химический | Технологии материалов                  | Бакалавриат   | 01.09.2026                                       | 31.08.2050                                           | НЕОГАЗ ООО                                                                        |

| Название образовательной программы                                                    | Специальность и направления подготовки | Тип программы | Дата начала реализации образовательной программы | Дата завершения реализации образовательной программы | Задействованные в реализации, высокотехнологичные компании партнёры                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| инжиниринг. Технологии материалов.                                                    |                                        |               |                                                  |                                                      | ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО                                        |
| Технология нефтегазохимии, органического синтеза и углеродных материалов              | Химические технологии                  | Магистратура  | 01.09.2023                                       | 31.08.2050                                           | НЕОГАЗ ООО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ИСС АО<br>ГК ТИТАН АО<br>КОМПОЗИТ АО |
| Цифровая химия и дизайн материалов                                                    | Химические технологии                  | Магистратура  | 01.09.2024                                       | 31.08.2050                                           | ЮМАТЕКС АО<br>ИСС АО<br>КОМПОЗИТ АО<br>ГК ТИТАН АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО               |
| Системный цифровой химический инжиниринг и химическое машиностроение                  | Машиностроение                         | Магистратура  | 01.09.2024                                       | 31.08.2050                                           | КОМПОЗИТ АО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ИСС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО               |
| MSc-ChemSysEng-Fundamentals / Системный химический инжиниринг. Фундаментальные основы | Химия                                  | Магистратура  | 01.09.2026                                       | 31.08.2050                                           | ЮМАТЕКС АО<br>НЕОГАЗ ООО<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ВНИИА ФГУП<br>ГК ТИТАН АО                          |
| Системный цифровой химический инжиниринг и химическое машиностроение                  | Машиностроение                         | Магистратура  | 01.09.2022                                       | 31.08.2050                                           | КОМПОЗИТ АО<br>ИСС АО<br>ЮМАТЕКС АО                                                             |

| Название образовательной программы                                                                                      | Специальность и направления подготовки | Тип программы                         | Дата начала реализации образовательной программы | Дата завершения реализации образовательной программы | Задействованные в реализации, высокотехнологичные компании партнёры                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                         |                                        |                                       |                                                  |                                                      | ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО                                                      |
| MSc-ChemSysEng-Hardware / Системный химический инжиниринг. Индустрия полимеров, композитов и функциональных материалов. | Машиностроение                         | Магистратура                          | 01.09.2023                                       | 31.08.2050                                           | НЕОГАЗ ООО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО                          |
| Системный цифровой химический инжиниринг и химическое машиностроение                                                    | Машиностроение                         | Бакалавриат                           | 01.09.2024                                       | 31.08.2050                                           | ИСС АО<br>КОМПОЗИТ АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО<br>ЮМАТЕКС АО               |
| Программная инженерия и наука о данных                                                                                  | Информатика и вычислительная техника   | Магистратура                          | 01.09.2023                                       | 31.08.2050                                           | КОМПОЗИТ АО<br>ИСС АО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО<br>НЕОГАЗ ООО |
| PhD-ChemSysEng-Digital / Системный химический инжиниринг. Цифровой инжиниринг в химической отрасли.                     | Информатика и вычислительная техника   | Подготовка кадров высшей квалификации | 01.09.2023                                       | 31.08.2050                                           | НЕОГАЗ ООО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ВНИИА ФГУП<br>ГК ТИТАН АО                          |
| Системный цифровой химический инжиниринг и химическое машиностроение                                                    | Управление в технических системах      | Магистратура                          | 01.09.2023                                       | 31.08.2050                                           | НЕОГАЗ ООО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ЮМАТЕКС АО                                         |

| Название образовательной программы                                                 | Специальность и направления подготовки | Тип программы | Дата начала реализации образовательной программы | Дата завершения реализации образовательной программы | Задействованные в реализации, высокотехнологичные компании партнёры               |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                    |                                        |               |                                                  |                                                      | ГК ТИТАН АО                                                                       |
| Системный цифровой промышленный химический инжиниринг                              | Химические технологии                  | Магистратура  | 01.09.2024                                       | 31.08.2050                                           | ИСС АО<br>ЮМАТЕКС АО<br>КОМПОЗИТ АО<br>ГК ТИТАН АО<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ВНИИА ФГУП |
| MSc-ChemSysEng-Materials / Системный химический инжиниринг. Технологии материалов. | Технологии материалов                  | Магистратура  | 01.09.2025                                       | 31.08.2050                                           | НЕОГАЗ ООО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО            |
| Системный цифровой химический инжиниринг и химическое машиностроение               | Управление в технических системах      | Бакалавриат   | 01.09.2024                                       | 31.08.2050                                           | КОМПОЗИТ АО<br>ИСС АО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО |
| Современная технология полимеров, композитов и покрытий                            | Химические технологии                  | Магистратура  | 01.09.2022                                       | 31.08.2050                                           | КОМПОЗИТ АО<br>ИСС АО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО |
| MSc-ChemSysEng-Digital / Химическое машиностроение. Цифровой химический инжиниринг | Информатика и вычислительная техника   | Магистратура  | 01.09.2023                                       | 31.08.2050                                           | НЕОГАЗ ООО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО            |
| Системный цифровой химический инжиниринг и                                         | Химические технологии                  | Бакалавриат   | 01.09.2024                                       | 31.08.2050                                           | ЮМАТЕКС АО                                                                        |

| Название образовательной программы                                                                                                   | Специальность и направления подготовки | Тип программы                         | Дата начала реализации образовательной программы | Дата завершения реализации образовательной программы | Задействованные в реализации, высокотехнологичные компании партнёры                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| химическое машиностроение. Технология нефтегазохимии, промышленного органического синтеза, полимерных и фун                          |                                        |                                       |                                                  |                                                      | НЕОГАЗ ООО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО<br>КОМПОЗИТ АО<br>ИСС АО               |
| IP/BS-ChemSysEng-Manufacturing / Системный химический инжиниринг. Цифровое химическое производство.                                  | Управление в технических системах      | Бакалавриат                           | 01.09.2025                                       | 31.08.2050                                           | НЕОГАЗ ООО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО                          |
| IP/BS-ChemSysEng-Fundamentals / Системный химический инжиниринг. Фундаментальные основы                                              | Химия                                  | Бакалавриат                           | 01.09.2027                                       | 31.08.2050                                           | НЕОГАЗ ООО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО                          |
| PhD-ChemSysEng / Системный химический инжиниринг (2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов) | Химические технологии                  | Подготовка кадров высшей квалификации | 01.09.2022                                       | 31.08.2050                                           | НЕОГАЗ ООО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО                          |
| Системный цифровой химический инжиниринг и химическое машиностроение                                                                 | Машиностроение                         | Специалитет                           | 01.09.2024                                       | 31.08.2050                                           | НЕОГАЗ ООО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО<br>КОМПОЗИТ АО<br>ИСС АО |
| Системный цифровой химический инжиниринг и химическое машиностроение                                                                 | Машиностроение                         | Бакалавриат                           | 01.09.2024                                       | 31.08.2050                                           | НЕОГАЗ ООО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП                                                          |

| Название образовательной программы                                                                               | Специальность и направления подготовки | Тип программы                         | Дата начала реализации образовательной программы | Дата завершения реализации образовательной программы | Задействованные в реализации, высокотехнологичные компании партнёры               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                  |                                        |                                       |                                                  |                                                      | ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО<br>КОМПОЗИТ АО<br>ИСС АО                             |
| Системный цифровой химический инжиниринг и химическое машиностроение                                             | Химические технологии                  | Магистратура                          | 01.09.2023                                       | 31.08.2050                                           | НЕОГАЗ ООО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО            |
| PhD-ChemMechEng / Химическое машиностроение                                                                      | Машиностроение                         | Подготовка кадров высшей квалификации | 01.09.2022                                       | 31.08.2050                                           | КОМПОЗИТ АО<br>ИСС АО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО |
| Программная инженерия и наука о данных                                                                           | Информатика и вычислительная техника   | Бакалавриат                           | 01.09.2024                                       | 31.08.2050                                           | КОМПОЗИТ АО<br>ИСС АО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО |
| Системный цифровой промышленный химический инжиниринг                                                            | Управление в технических системах      | Магистратура                          | 01.09.2024                                       | 31.08.2050                                           | ВНИИА ФГУП<br>НЕОГАЗ ООО<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ГК ТИТАН АО            |
| IP/BS-ChemMechEng-Materials / Химическое машиностроение. Применение новых материалов в химическом машиностроении | Технологии материалов                  | Бакалавриат                           | 01.09.2025                                       | 31.08.2050                                           | КОМПОЗИТ АО<br>ИСС АО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП                                 |

| Название образовательной программы                                                                                        | Специальность и направления подготовки | Тип программы | Дата начала реализации образовательной программы | Дата завершения реализации образовательной программы | Задействованные в реализации, высокотехнологичные компании партнёры               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                           |                                        |               |                                                  |                                                      | ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО                                                      |
| MSc-ChemMechEng-<br>Manufacturing / Химическое машиностроение и системный химический инжиниринг.<br>Цифровое производство | Управление в технических системах      | Магистратура  | 01.09.2023                                       | 31.08.2050                                           | КОМПОЗИТ АО<br>ИСС АО<br>ЮМАТЕКС АО<br>ВНИИА ФГУП<br>ТД ХИММЕД ООО<br>ГК ТИТАН АО |

#### **4.3.2. Организация прохождения 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**

Весь пул партнеров ПИШ ХИМ подтвердил готовность обеспечить стажировки как для преподавателей, так и для студентов.

В рамках организации стажировок планируется широко использовать в том числе уже существующую программу стажировок в Росатоме, которая и так популярна среди студентов университета. Так, в 2020-2022 в организации дивизиона трудоустроено (заключен срочный трудовой договор) 24 студентов РХТУ в рамках оплачиваемой Программы научных стажировок студентов. Дополнительно в ПИШ ХИМ будет организована координационная работа в области синхронизации тематик стажировок и тематик проектов студентов в рамках обучения в ПИШ ХИМ.

Тематически стажировки организуются в проектной логике. В магистратуре стажировка организуется таким образом, чтобы способствовать реализации выпускного проекта. На 1-3 курсах интегрированной программы также предусмотрены практики и стажировки, необходимые для формирования знаний, навыков, пониманий и инженерных компетенций.

Планируемые стажировки можно разделить на 2 основных категории: 1) Стажировка на базе предприятия партнера, участника ПИШ ХИМ; 2) Стажировка на базе предприятия, реализующее деятельность, необходимую для реализации проекта по заказу партнера, участника ПИШ ХИМ. Стажировку пройдет по меньшей мере 500 студентов ПИШ ХИМ, то есть не менее трети ее выпускников.

#### **4.3.3. Принципы отбора кандидатов на обучение в передовой инженерной школы**

Сложность и интенсивность образовательных программ ПИШ ХИМ требует отбора лучших кандидатов.

Правила приема:

- В магистратуру – зачисление производится по итогам прямого отбора
- В бакалавриат – зачисление в ПИШ ХИМ возможно после предварительного поступления в РХТУ на «обычные» образовательные программы.
- Кандидаты предоставляют мотивационное письмо и автобиографию.

Формат отбора - летняя школа (до 1 недели), включающая групповую работу над предложенным организаторами минипроектами, позволяющими провести комплексную диагностику абитуриентов. В процессе такого отбора устанавливается соответствие абитуриента необходимым требованиям по критериям: мотивации, грамотностей, Soft Skills, знаний базовых естественных и научно-технических языков (напр. CAD, CAE, естественных и точных наук и др.).

Таким образом, основные характеристики процесса отбора абитуриентов ПИШ ХИМ иллюстрируются схемой:

## Прием абитуриентов. Фокус на отбор лучших.

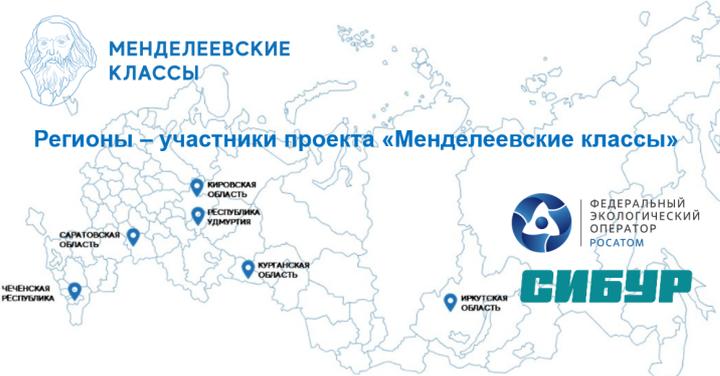


### Правила приема

- В магистратуру – прямой отбор
- В бакалавриат – после поступления в РХТУ на «обычные» образовательные программы
- Кандидаты предоставляют мотивационное письмо и CV/автобиографию

### Где брать абитуриентов?

- Активный маркетинг ПИШ
- Летняя школа – точка притяжения для талантов
- Реклама с использованием партнеров
- Через сеть «Менделеевские классы»



отобрать лучших абитуриентов (школьников/бакалавров) в РФ

летняя школа (до 1 недели) групповая работа: **минипроекты** Кампус ПИШ

в процессе летней школы устанавливается соответствие абитуриента по критериям: мотивации, грамотностей, Soft Skills, знаний базовых естественных и научно-технических языков

«Менделеевские классы» — образовательный проект, разработанный Российским химико-технологическим университетом им. Д.И. Менделеева и реализуемый на базе общеобразовательных организаций при поддержке промышленных партнеров химической отрасли (ФГУП ФЭО Росатом, СИБУР и др.)

На ежегодной основе проводится исследование компетенций кандидатов-резервистов ПИШ ХИМ как в рамках трека интегрированной программы, так и в рамках магистратуры. Экспертно-методический совет ПИШ ХИМ проводит выработку критериев допуска к образовательным программам ПИШ ХИМ и анализ кандидатов-резервистов на соответствие критериям на основе ряда методик от анкетирования и интервьюирования до Исследование кандидатов-резервистов с использованием методов сбора, оценки и анализа данных системы GLOBE и других передовых методик. Ключевые оцениваемые составляющие потенциала кандидата-резервиста включают аналитичность, критическое мышление, креативность, адаптивность, оптимизм, социальный

интеллект, кооперация, нетворкинг, инициативность, настойчивость, готовность осваивать новые знания, мотивация к лидерству, амбициозность.

Передовые кандидаты-резервисты отбираются в проактивном режиме из числа участников и финалистов проекта «Большая перемена», участников и победителей олимпиад регионального и федерального уровня, участников акселератора «Миссия:Таланты», студенческого конкурса «Твой ход», участники проектов Образовательного центра «Сириус», Российского общества «Знание», WorldSkills Junior, **“Менделеевские классы” (Партнер - ФГУП ФЭО)**, “Инженерные классы” и пр. Каждый кандидат-резервист получает доступ к электронному личному экосистеме ПИШ ХИМ (в том числе на мобильных платформах), где реализован доступ электронным ресурсам ПИШ ХИМ, необходимым материалам и литературе, а также осуществляется обратная связь и отслеживается прогресс роста его компетенций для поступления в ПИШ ХИМ. Мониторинг потенциальных кандидатов-резервистов осуществляется на постоянной основе в течение года. Отобранные в ходе первого этапа кандидаты-резервисты проходят второй этап отбора в рамках выездной школы-семинара для обучения навыкам командообразования и выявления стилей и предпочтений поведения согласно модели DISC.

Отбор и распределение студентов на реальные проекты осуществляется по отдельной примерной процедуре:

1. Формируется перечень учебных проектов на основании перечня научных проектов ПИШ ХИМ и портфеля заказов на НИОКТР таким образом, чтобы обеспечить максимальный вклад от реализации учебных проектов в выполнение научных проектов ПИШ ХИМ и заказов на НИОКТР:



2. Для каждого учебного проекта назначается руководитель учебного проекта (обычно из университета) и владелец продукта (обычно из индустрии), а также формируется квота мест на данный проект. Число учебных проектов и квот выбирается в соответствии с текущим набором и структуры портфеля проектов и заказов.

3. Учебные проекты предлагаются на выбор студентам, прошедшим отбор на программы ПИШ ХИМ. Таким образом обеспечивается возможность самоопределения.

4. В случае если студент не справляется с программой, он переводится на «обычные» программы, а на его позицию в проекте производится дополнительный отбор.

#### 4.3.4. Трудоустройство выпускников передовой инженерной школе

Весь пул партнеров ПИШ ХИМ подтвердил готовность обеспечивать трудоустройство выпускников передовой инженерной школы РХТУ им. Д.И. Менделеева. Планируемые подтвержденные потребности в выпускниках ПИШ ХИМ представлены в таблице:

| № п/п | Наименование показателя                                                                    | Значение показателя по годам, чел. |      |      |      |      |      |      | Всего |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|
|       |                                                                                            | 2024                               | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |       |
| 1.    | Общее количество выпускников, трудоустроенные в высокотехнологичные компании               | 35                                 | 85   | 125  | 226  | 290  | 343  | 458  | 1445  |
| 2.    | Количество/доля выпускников, трудоустроенных в организации Госкорпорации «Росатом», в т.ч. | 26                                 | 55   | 95   | 105  | 80   | 70   | 70   | 475   |
| 2.1   | ФГУП «ВНИИА»                                                                               | 8                                  | 15   | 15   | 20   | 25   | 25   | 25   | 125   |
| 2.2   | АО «Юматекс»                                                                               | 8                                  | 20   | 20   | 25   | 25   | 25   | 25   | 140   |
| 2.3   | ФГУП ФЭО                                                                                   | 5                                  | 10   | 40   | 40   | 20   | 10   | 10   | 130   |
| 2.4   | АО "Русатом Хэлскеа"                                                                       | 5                                  | 10   | 20   | 20   | 10   | 10   | 10   | 80    |
| 3.    | Прочие организации                                                                         | 7                                  | 30   | 30   | 81   | 165  | 238  | 353  | 897   |

Кроме того, анализ комплексной потребности ГК Росатом в выпускниках по направлениям деятельности ПИШ ХИМ также представляют потенциал трудоустройства, который, однако, потребует конкуренции с другими университетами:

## Потенциал конкурентного трудоустройства



Общая потребность ГК «Росатом» по направлениям ПИШ (УГСН 04,09,15,18,22)

| ФГОС 3+  | Наименование УГСН                    | 2022       | 2023       | 2024       | 2025       | 2026       | 2027       | 2028       | 2029       | 2030       | Всего 2022-2030 |
|----------|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------|
| 15.00.00 | Машиностроение                       | 220        | 248        | 260        | 263        | 255        | 224        | 243        | 233        | 230        | 2176            |
| 09.00.00 | Информатика и вычислительная техника | 139        | 182        | 189        | 219        | 248        | 246        | 275        | 264        | 288        | 2050            |
| 18.00.00 | Химические технологии                | 127        | 125        | 129        | 123        | 120        | 108        | 131        | 102        | 104        | 1069            |
| 22.00.00 | Технологии материалов                | 35         | 41         | 41         | 42         | 39         | 39         | 38         | 35         | 36         | 346             |
| 04.00.00 | Химия                                | 25         | 19         | 29         | 19         | 23         | 13         | 19         | 14         | 21         | 182             |
|          | <b>Итого</b>                         | <b>546</b> | <b>615</b> | <b>648</b> | <b>666</b> | <b>685</b> | <b>630</b> | <b>706</b> | <b>648</b> | <b>679</b> | <b>5823</b>     |

Топ-30 предприятий Росатома по потребностям в наборе выпускников по направлениям ПИШ по УГСН 04,09,15,18,22 суммарно за период 2022-2030 гг.

| № п/п | Предприятие                                     | Потребность в наборе | № п/п | Предприятие                           | Потребность в наборе |
|-------|-------------------------------------------------|----------------------|-------|---------------------------------------|----------------------|
| 1     | ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» (Саров)                      | 860                  | 16    | АО «Атомэнергопроект»                 | 92                   |
| 2     | АО «Гринатом»                                   | 417                  | 17    | АО «Промышленные инновации»           | 91                   |
| 3     | ФГУП «ПО «Маяк»                                 | 389                  | 18    | АО «Гиредмет»                         | 89                   |
| 4     | АО «Цифровые платформы и решения Умного города» | 355                  | 19    | АО «ГНЦ НИИАР»                        | 87                   |
| 5     | ФГУП «Комбинат «ЭХП»                            | 343                  | 20    | АО «УЭМЗ»                             | 81                   |
| 6     | ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ»                              | 252                  | 21    | АО «НИИГрафит»                        | 77                   |
| 7     | ФГУП «Приборостроительный завод»                | 208                  | 22    | АО «ПО ЭХЗ»                           | 66                   |
| 8     | АО «СХК»                                        | 207                  | 23    | АО ФНПЦ «ПО «Старт» им. М.В.Проценко» | 66                   |
| 9     | АО «Атомтехэнерго»                              | 198                  | 24    | АО АСЭ                                | 65                   |
| 10    | ООО «Центротех-инжиниринг»                      | 136                  | 25    | ФГУП «ГХК»                            | 60                   |
| 11    | Атоммаш г. Волгодонск                           | 131                  | 26    | ФГУП «ВНИИА»                          | 57                   |
| 12    | Ленинградская АЭС                               | 108                  | 27    | АО «НИИ НПО «ЛУЧ»                     | 52                   |
| 13    | Калининская АЭС                                 | 105                  | 28    | АО «ВПО «Точмаш»                      | 49                   |
| 14    | АО «ЧМЗ»                                        | 96                   | 29    | АО «ВНИИНМ»                           | 47                   |
| 15    | Белоярская АЭС                                  | 94                   | 30    | Нововоронежская АЭС                   | 47                   |

Однако тематически мы видим нашу передовую инженерную школу своего рода “голубым океаном”, так как на момент подачи заявки, ни один университет не готовит специалистов (а тем более мирового класса) по химическому машиностроению, что дает основания полагать, что после запуска ПИШ ХИМ позиции университета на рынке труда атомной отрасли значительно улучшатся. Специальных сервисов в рамках ПИШ ХИМ по содействию трудоустройству выпускников (кроме мягкой силы и личных контактов, которые точно возникнут и расширятся при реализации запланированной программы проектов) не планируется. В нашем представлении уже имеющийся в университете сервис по содействию развития карьеры достаточен.

### 4.3.5. Участие школьников в деятельности передовой инженерной школы в целях ранней профессиональной ориентации

План участия школьников в деятельности ПИШ ХИМ в целях их ранней профессиональной ориентации детально разрабатывается и утверждается Университетом на последующий/очередной учебный год до 31 августа текущего года.

**Уникальные ресурсы и используемое оборудование** ПИШ ХИМ, которое будет использовано в целях ранней профессиональной ориентации школьников: 3D сканер, 3D принтер, станки токарные с ЧПУ, станок фрезерный с ЧПУ, экспресс-анализатор рамановский портативный, автоматический орбитальный труборез, координатно-прошивной электроэрозионный станок, высокопроизводительные АРМ для осуществления прочностных, гидродинамических и газодинамических расчетов, а также 3D-моделирования, программное обеспечение GIBBS (Россия), пакеты программного обеспечения «ЛОГОС» (Россия), «Аскон Renga (Россия), «T-Flex» (Россия), «Simple Scada» (версия PROFESSIONAL) (Россия).







| №        | Группы, в том числе виды мероприятий                                                                                                            | Название мероприятия / проекта                                                                             | Направление деятельности ПИИШ | Количество школьников, принявших участие в деятельности передовых инженерных школ в целях ранней профессиональной ориентации, человек |           |           |           |           |           |           |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|          |                                                                                                                                                 |                                                                                                            |                               | 2023                                                                                                                                  | 2024      | 2025      | 2026      | 2027      | 2028      | 2029      | 2030      |
|          | химических процессов и разработки программного об                                                                                               |                                                                                                            |                               |                                                                                                                                       |           |           |           |           |           |           |           |
| 4.3      | посещение профильных выставок, фестивалей, конференций                                                                                          |                                                                                                            |                               | 30                                                                                                                                    | 30        | 30        | 30        | 30        | 30        | 30        | 30        |
| 4.3.1    | Совместное посещение школьниками и сотрудниками ПИИШ ХИМ ежегодных конференций                                                                  | Профориентационная подготовка и отбор мотивированных обучающихся для поступления в ПИИШ ХИМ                |                               | 30                                                                                                                                    | 30        | 30        | 30        | 30        | 30        | 30        | 30        |
| 4.4      | профориентационные встречи (в ПИИШ, вузе, школе и др.)                                                                                          |                                                                                                            |                               | 50                                                                                                                                    | 50        | 50        | 50        | 50        | 50        | 50        | 50        |
| 4.4.1    | «Встречи с ПИИШ ХИМ»                                                                                                                            | Профориентационная подготовка и отбор мотивированных обучающихся для поступления в ПИИШ ХИМ                |                               | 50                                                                                                                                    | 50        | 50        | 50        | 50        | 50        | 50        | 50        |
| 4.5      | он-лайн коммуникации ПИИШ-школьники /профориентационная работа в социальных сетях                                                               |                                                                                                            |                               | 30                                                                                                                                    | 30        | 30        | 30        | 30        | 30        | 30        | 30        |
| 4.5.1    | «Скажи профессии – ДА!» (онлайн-встречи за неделю до дней открытых дверей для обучающихся 5-11 классов)                                         | Профориентационная подготовка и отбор мотивированных обучающихся для поступления в ПИИШ ХИМ                |                               | 30                                                                                                                                    | 30        | 30        | 30        | 30        | 30        | 30        | 30        |
| 4.6      | тематический классный час                                                                                                                       |                                                                                                            |                               | 20                                                                                                                                    | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        |
| 4.6.1    | «Успехи и перспективы маллотоннажной химии» (9-11 классы)                                                                                       | Профориентационная подготовка и отбор мотивированных обучающихся для поступления в ПИИШ ХИМ                |                               | 20                                                                                                                                    | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        |
| <b>5</b> | <b>Довузовская подготовка</b>                                                                                                                   |                                                                                                            |                               | <b>30</b>                                                                                                                             | <b>30</b> | <b>30</b> | <b>30</b> | <b>30</b> | <b>30</b> | <b>30</b> | <b>30</b> |
| 5.1      | курсы довузовской подготовки в ПИИШ                                                                                                             |                                                                                                            |                               | 10                                                                                                                                    | 10        | 10        | 10        | 10        | 10        | 10        | 10        |
| 5.1.1    | «Химическая технология: цифровой и классический подходы» (оффлайн)                                                                              | Развитие профильного предпрофессионального инженерно-технического обучения в области химической технологии |                               | 10                                                                                                                                    | 10        | 10        | 10        | 10        | 10        | 10        | 10        |
| 5.2      | курсы углубленной подготовки в ПИИШ (элективы, факультативы)                                                                                    |                                                                                                            |                               | 20                                                                                                                                    | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        |
| 5.2.1    | «Программирование на Python: химическая технология и процессы» (электив по информатике) «Цифровое моделирование в химии» (факультатив по химии) | Развитие профильного предпрофессионального инженерно-технического обучения в области химической технологии |                               | 20                                                                                                                                    | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        |

#### 4.4. Кадровая политика

Привлечение действующих инженеров к преподавательской и наставнической деятельности в соответствии с описанными в разделе 4.3 механизмами запланировано в первую очередь из предприятий ближнего круга (см. раздел 5.2), которые выразили соответствующую готовность.

На момент старта проекта в университет уже трудоустроен ряд инженеров-практиков из числа сотрудников предприятий-участников ПИИШ ХИМ, в том числе АО "БМАТЕКС" (Ю.С. Свистунов, Л.В. Чурсова, Д.В. Коган), ООО "ТКИ Рус" (филиал международной инжиниринговой компании thyssenkrupp) (начальник отдела продаж П.В. Шерстюк и его коллеги) и других предприятий. Все - занимают руководящие посты и отвечают за технические и инженерные направления. Практика

привлечение действующих инженеров широко распространена в первую очередь благодаря большому количеству совместных R&D проектов.

**4.4.1. Информация о проведении 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**

Весь пул партнеров ПИШ ХИМ подтвердил готовность обеспечить стажировки как для преподавателей, так и для студентов. Механизм обучения сотрудников ПИШ ХИМ (в том числе на стажировки) будет осуществляться по мере возникновения необходимости, но не менее определенного соответствующим минимального объема обучения в год. В целом для обучения сотрудников будет применяться уже описанные в разделах 3 и 4 механизмы.

Каждому сотруднику ПИШ ХИМ будут установлены КПЭ - прохождение обучения не менее по двум программам ДПО ежегодно. Планируется широко использовать онлайн образовательный контент, предлагаемый зарубежными университетами и представленный на зарубежных платформах (edX, Coursera, Udemy и др.). В настоящее время доступ к ним может быть ограничен, поэтому при необходимости будет применяться обход ограничений или поиск альтернатив на платформах дружественных стран. Планируется проведение группового обучения сотрудников программам профессиональной переподготовки и регулярное проведение проектно-, аналитических сессий с целью решения задач текущих проектов и стратегических задач развития, в том числе в МШУ Сколково.

#### **4.5. Инфраструктурная политика**

Для проекта ПИШ ХИМ выделено отдельное здание в составе Тушинского кампуса РХТУ им. Д.И. Менделеева. Площадь будущего кампуса ПИШ ХИМ составит более 4000 м<sup>2</sup>. В составе кампуса ПИШ ХИМ запланировано создание тематических специальных образовательные пространства, создание условий для комфортного погружения (Кафе, Спортзал, Зона отдыха), также прочие образовательные пространства: химические лаборатории (2 шт.), зоны коворкинга (2 шт) на 100-150 человек, большая лекционная аудитория, VR-комнаты, комнаты для совещаний, аудитории-компьютерных классов на 30-40 человек с мультимедиа и ПК ( не менее 5 шт.), прочие лабораторные и технологические помещения. Кампус ПИШ ХИМ удобно расположен: рядом находится Тушинский кампус (будет задействован его аудиторный фонд), проектируемая Технологическая долина Менделеева, общежитие:

Для разработки проекта ПИШ ХИМ с архитектурной точки зрения будет привлечено профессиональное архитектурное бюро и будут учтены лучшие практики разработки открытых образовательных пространств и промышленного дизайна.

**4.5.1. Информация о создаваемых на базе передовой инженерной школы специальных образовательных пространств (научно-технологические и экспериментальные 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)**

Основные специальные образовательные пространства представлены на рисунке.



**Лаборатория химавтоматики**

Пространство для создания собственной платформы / экосистемы АСУТП

Промышленные сети

Промышленный интернет вещей (IIoT)



**Кластер опытных систем**  
внешняя площадка кампус ПИШ

Пространство для размещения создаваемого оборудования и прототипов

Пилотные установки

Проведение предварительного инжиниринга (FEED), масштабирование и верификация технологий



**Кластер металлообработки**



**Лаборатория аддитивных технологий**

Изготовление оборудования и прототипов

Изготовление реакторов, заготовок с использованием аддитивной технологии

Токарная обработка  
Обработывающие центры для фрезерной обработки  
Лазерная и плазменная резка  
Автоматическая сварка  
Электроэрозия



**Лаборатория реверс-инжиниринга**

**Лаборатория неразрушающего контроля**

Создание цифровых теней изделий

Машинное зрение

Рентген

Ультразвук

Микроскопия

Компьютерная томография

Создаваемые пространства включают:

- 1) Кластер опытных систем - пространство для размещения создаваемого оборудования и прототипов, пилотных установок, осуществления сборки и пусконаладки оборудования. Также кластер опытных систем выступит площадкой при проведении предварительного инжиниринга (FEED), масштабировании и верификации технологий. Малая часть кластера будет представлена в форме лаборатории на кампусе ПИШ ХИМ. Основная, наибольшая часть будет расположена на внешней площадке - на площадях Композитной долины в Тульской области.
- 2) Кластер металлообработки. Неотъемлемая часть для изготовления пилотных установок и узлов оборудования. В основном кластер будет решать задачи проектирования. Производственные же мощности в ПИШ ХИМ будут задействованы только при производстве эксклюзивных и высокоточных узлов: проточных реакторов, фильтров и фильтренных блоков и т.п. Оборудование будет включать, но не ограничиваться: токарную обработку, обрабатывающие центры для фрезерной обработки, лазерную и плазменную резку, автоматическую сварку, электроэрозионные электродные и проволочные станки и пр.
- 3) Лаборатория аддитивных технологий. С использованием 3D-печати металлическими материалами планируется осуществлять изготовление реакторов, заготовок для узлов оборудования и пресс-форм.

- 4) Лаборатория реверс-инжиниринга
- 5) Лаборатория неразрушающего контроля
- 6) Пространство для работы в средах VR/AR

Все создаваемые пространства будут использоваться как в образовательных целях, так и при реализации научно-технологических проектов. Инфраструктура в части аппаратного наполнение кластера металлообработки будет общим с центром реверс-инжиниринга (ЦИР), создаваемого в РХТУ по программе Агентства по технологического развития. Указанный ЦИР создается в области ОБЩЕГО химического машиностроения, поэтому тематически мало пересекается с ПИШ ХИМ, но разделение инфраструктуры позволит существенно снизить затраты на приобретение станков и оборудования для неразрушающего контроля и увеличить их номенклатуру.

Также информация о создаваемой инфраструктуре в разрезе структурных подразделений ПИШ приведена в разделе 3.3.

## **5. КЛЮЧЕВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И КООПЕРАЦИИ**

### **5.1. 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)**

Сетевому взаимодействию с университетами партнерами в модели ПИШ ХИМ отводится роль обеспечения и расширения дисциплинарного охвата образовательных программ. Основные партнеры по сетевым программам перечислены в разделе 1.3.4, кроме того к программе ПИШ ХИМ присоединился Томский государственный университет, химический факультет которого возглавляет руководитель известного Инжинирингового химико-технологического центра (ИХТЦ, г. Томск), взаимодействие с которыми несомненно взаимно усилит участников.

Образовательный контент ПИШ ХИМ будет транслироваться обучающимся существующей сетевой программы СИБУР и 5 университетов (РХТУ, ТПУ, УГНТУ, СибГУ, ДВФУ).

Поскольку стажировки будут реализованы тематически в соответствии с тематиками студенческих проектов, которые, в свою очередь основаны на реализуемых реальных проектах, то предприятие заказчик будет заинтересовано в организации стажировок и доступа к собственной инфраструктуре, поскольку это может напрямую определять успехов проектов. Однако это справедливо не для всех проектов, поскольку подходящей инфраструктуры на предприятии может и не быть, в этом случае доступ к необходимой инфраструктуре ложится на ПИШ ХИМ.

Избранные запланированные конкретные научно-исследовательские проекты в партнерстве с высокотехнологическими компаниями включают:

- Разработка печи карбонизации углеродного волокна (АО “Юматекс”)
- Создание малотоннажного производства компонентов материалов (Заказчики АО “Юматекс”, АО “ГК” Титан, ФГУП ВНИИА и др.)
- Разработка оборудования обработки волокна (АО “Композит”).

Данные проекты обобщены научно-технологические проекты, направленные на создание продуктовых линеек оборудования. Подробнее архитектура проектов представлена в разделе 4.1

В 2023-2024 года возможно расширение тематической области ПИШ ХИМ на электрохимические источники тока, технологию и оборудование для из производства в партнерстве с ООО «РЭНЕРА» (ГК Росатом).

### **5.2. Структура ключевых партнерств**

Обобщенно структура партнерства ПИШ ХИМ и индустрии иллюстрируется схемой:

## Партнеры



В рамках основной структуры партнерства с индустрией существует две категории партнеров:

1) Партнеры первого круга - участники ПИШ ХИМ:

1.1) Предприятия Госкорпорации Росатом: АО «Юматекс» - якорный партнер, ФГУП «ВНИИА», ФГУП ФЭО, АО "Русатом Хэлскеа".

1.2) Предприятия Госкорпорации Роскосмос: АО «Композит», АО «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ» имени академика М. Ф. Решетнёва»

1.3) Предприятия химической отрасли: АО «ГК «Титан», ООО «НЕОГАЗ» (дочернее предприятие ПАО «Криогенмаш»)

Первый круг партнеров формирует первичный состав портфеля проектов ПИШ ХИМ, которые будут реализованы по заказу НИОКТР со стороны перечисленных предприятий.

2) Партнеры второго круга. Это в основном технологические партнеры, взаимодействие с которыми будет осуществляться на условиях подряда при реализации программы проектов. Сюда относятся в том числе и металлообрабатывающие и производственные компании, ролью которых будет изготовление узлов создаваемого оборудования.

## Приложение №1. Результаты предоставления грантов

| Индекс   | Наименование показателя                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Ед. измерения | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ПР(ПИШ1) | Создание передовых инженерных школ в партнерстве с высокотехнологичными компаниями и поддержка программ их развития                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Единица       | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 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 | Человек       | 68   | 85   | 96   | 97   | 102  | 103  | 108  | 109  | 110  |
| 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                                                                                                                                                                                                              | Человек       | 13   | 20   | 40   | 70   | 80   | 85   | 90   | 95   | 100  |

## Приложение №2. Показатели, необходимыми для достижения результатов предоставления гранта

| Индекс | Наименование показателя                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Ед. измерения | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029  | 2030  |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 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                                                                          | Единица       | 3    | 20   | 33   | 38   | 48   | 54   | 64   | 74    | 84    |
| 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 | Процент       | 0    | 8.8  | 8.6  | 14.2 | 55   | 65.2 | 73   | 106.3 | 158.8 |
| p3(в)  | Численность инженеров, прошедших обучение по программам дополнительного профессионального образования в передовых инженерных школах (чел.)                                                                                                                                                                                                                                                                    | Человек       | 0    | 52   | 92   | 130  | 180  | 240  | 320  | 410   | 520   |
| 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                                                                                                                                                          | Человек       | 0    | 0    | 35   | 85   | 231  | 478  | 809  | 1099  | 1471  |





### Приложение №3. Финансовое обеспечение программы развития ПИШ

#### Финансовое обеспечение программы развития ПИШ по источникам

| №            | Источник финансирования                | 2022          | 2023          | 2024          | 2025         | 2026         | 2027         | 2028         | 2029         | 2030         |
|--------------|----------------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1            | Средства федерального бюджета          | 200000        | 400000        | 400000        | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            |
| 2            | Средства субъекта Российской Федерации | 0             | 0             | 0             | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            |
| 3            | Средства местных бюджетов              | 0             | 0             | 0             | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            |
| 4            | Внебюджетные источники                 | 195240        | 161970        | 108000        | 83500        | 87500        | 91000        | 95000        | 96500        | 99500        |
| 5            | Средства иностранных источников        | 0             | 0             | 0             | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            |
| 6            | Иные средства федерального бюджета     | 0             | 0             | 0             | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            |
| <b>ИТОГО</b> |                                        | <b>790480</b> | <b>561970</b> | <b>508000</b> | <b>83500</b> | <b>87500</b> | <b>91000</b> | <b>95000</b> | <b>96500</b> | <b>99500</b> |

**Приложение № 4. Перечень высокотехнологичных компаний партнеров участников реализации передовой инженерной школы**

| № | Полное название компании                                                                                                     | ИНН        |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1 | Акционерное общество "ЮМАТЕКС"                                                                                               | 7706688991 |
| 2 | ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ ИМ.Н.Л.ДУХОВА" | 7707074137 |
| 3 | Акционерное общество "КОМПОЗИТ"                                                                                              | 5018078448 |
| 4 | Общество с ограниченной ответственностью "ТОРГОВЫЙ ДОМ "ХИММЕД"                                                              | 7724709468 |
| 5 | Акционерное общество "ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ" ИМЕНИ АКАДЕМИКА М.Ф. РЕШЕТНЁВА"                                    | 2452034898 |
| 6 | Общество с ограниченной ответственностью "НЕОГАЗ"                                                                            | 7701417839 |
| 7 | Акционерное общество "ГРУППА КОМПАНИЙ "ТИТАН"                                                                                | 5501100816 |