

Центр компетенций Национальной технологической инициативы «Новые производственные технологии» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого **National Technology Initiative Center for Advanced Manufacturing Technologies of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University**



А. И. Боровков (A. I. Borovkov),

к.т.н., профессор, проректор по перспективным проектам, руководитель Центра компетенций НТИ «Новые производственные технологии», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Ph.D. in Engineering Science, Professor, Vice-Rector for Advanced Projects, Head of the National Technology Initiative Center for Advanced Manufacturing Technologies, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)



О. И. Рождественский (O. I. Rozhdestvenskiy),

руководитель дирекции Центра компетенций НТИ «Новые производственные технологии», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Head of Administration of the National Technology Initiative Center for Advanced Manufacturing Technologies, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)



Ю. А. Рябов (Yu. A. Ryabov),

к.полит.н., начальник отдела технологического и промышленного форсайта Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Ph.D. in Political Science, Head of Technology and Industry Foresight Department, Computer-Aided Engineering Centre of Excellence, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)



А. А. Корчевская (A. A. Korchevskaya),

специалист, ООО «Политех-Инжиниринг» (specialist, Polytech-Engineering)



А. Т. Хуторцова (A. T. Khutortsova),

специалист, ООО «Политех-Инжиниринг» (specialist, Polytech-Engineering)

doi 10.26310/2071-3010.2019.253.11.010

Аннотация

В статье рассмотрена деятельность Центра компетенций Национальной технологической инициативы «Новые производственные технологии» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (далее — Центр НТИ СПбПУ). В частности, представлены структура и ключевые компетенции Центра, дана краткая характеристика основных инженерных, образовательных и аналитических проектов, реализованных в 2018–2019 годах, намечены дальнейшие направления деятельности.

Ключевые слова:

Национальная технологическая инициатива, центры компетенций НТИ, высокотехнологичная промышленность, цифровое проектирование и моделирование, цифровой двойник, зеркальные инжиниринговые центры, цифровая экономика

Abstract

This article reviews the activities of the National Technology Initiative Center for Advanced Manufacturing Technologies based on the Institute of Advanced Manufacturing Technologies of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.

The authors focus on the structure and competencies of the Center and then emphasize the results of key projects in engineering, education, training and research implemented in 2018–2019. The article concludes with further comments on development plans of the Center.

Key words:

National Technology Initiative, centers of the NTI, high-tech manufacturing industry, digital design and simulation, Digital Twin, “mirrored” engineering centers, digital economy

Введение

Преодоление технологических барьеров на пути создания новых продуктов является ключевой задачей как для российских, так и для зарубежных высокотехнологичных компаний, решение которой определяет конкурентоспособность на перспективных рынках. В рамках Национальной технологической инициативы (далее — НТИ) задача по преодолению этих барьеров по сквозным технологиям решается АО «РВК», в том числе, за счет отбора и поддержки деятельности центров компетенций НТИ (далее — ЦНТИ) [1]. Отбор и поддержка ЦНТИ предусмотрены Постановлениями Правительства Российской Федерации от 16 октября 2017 года № 1251 и от 20 декабря 2016 года № 1406.

В соответствии с указанными постановлениями, Минобрнауки России провело конкурс по отбору получателей грантов на государственную поддержку ЦНТИ на базе образовательных организаций выс-

шего образования и научных организаций. Сбор заявок по отбору ЦНТИ начался 3 ноября 2017 года, вскрытие конвертов состоялось 5 декабря 2017 года, а протокол заседания конкурсной комиссии опубликован 28 декабря 2017 года.

ЦНТИ представляют собой инженерно-образовательные консорциумы, которые реализуют программы по преодолению технологических барьеров для обеспечения лидерства российских компаний на глобальных рынках. ЦНТИ формируются в партнерстве с университетами, научными и коммерческими организациями. Задачами ЦНТИ являются трансляция результатов фундаментальных исследований в инженерные приложения, технологический трансфер через кооперацию с промышленными партнерами, а также подготовка лидеров разработки новых технологических программ [2].

Отбор ЦНТИ первой очереди осуществлялся по следующим сквозным технологиям:

1. Технологии хранения и анализа больших данных.
2. Искусственный интеллект.
3. Технологии распределенных реестров.
4. Квантовые технологии.
5. Технологии создания новых и портативных источников энергии.
6. Новые производственные технологии.
7. Технологии сенсорики, производства компонентов робототехники.
8. Технологии беспроводной связи и «интернета вещей».
9. Технологии управления свойствами биологических объектов.
10. Нейротехнологии, технологии виртуальной и дополненной реальности [3].

Всего на конкурс поступило 70 заявок, из которых требованиям конкурсной документации соответствовало 60. Всего по решению конкурсной комиссии было отобрано 6 центров компетенций НТИ: два — на базе научных организаций и четыре — на базе вузов.

Это ЦНТИ по направлениям: «Искусственный интеллект» на базе Московского физико-технического института, «Квантовые технологии» на базе физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, «Технологии создания новых и портативных источников энергии» на базе Института проблем химической физики РАН, «Новые производственные технологии» на базе Института передовых производственных технологий СПбПУ, «Управление свойствами биологических объектов» на базе Института биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова, «Нейро-технологии, технологии виртуальной и дополненной реальности» на базе Дальневосточного федерального университета [4].

По итогам первого отбора единственным представителем Санкт-Петербурга, вошедшим в число 6 победителей, стал Центр компе-

тенций НТИ «Новые производственные технологии» на базе Института передовых производственных технологий СПбПУ.

В 2018 году был проведен дополнительный отбор по 8 сквозным технологиям:

1. Технологии хранения и анализа больших данных.
2. Технологии распределенных реестров (блокчейн).
3. Технологии беспроводной связи и «интернета вещей».
4. Технологии компонентов робототехники и мехатроники.
5. Технологии сенсорики.
6. Технологии машинного обучения и когнитивные технологии.
7. Технологии транспортировки электроэнергии и распределенных интеллектуальных энергосистем.
8. Технологии квантовой коммуникации [5].

Всего в рамках дополнительного отбора поступило 49 заявок. По ре-

зультатам двух отборов в апреле 2018 года был сформирован полный перечень из 14 центров компетенций НТИ со всей России.

Основным преимуществом заявки Центра НТИ СПбПУ стал почти 30-летний опыт работы на мировых рынках новых производственных технологий в партнерстве с ведущими компаниями мира.

В частности, к моменту подачи заявки на конкурс ядром Центра НТИ СПбПУ — Инжиниринговым центром «Центр компьютерного инжиниринга» СПбПУ (далее — Инжиниринговый центр СПбПУ), образованным в 2013 году на базе первой в России учебно-научной и инновационной лаборатории «Вычислительная механика» СПбПУ при участии spin-out компании СПбПУ ООО Лаборатория «Вычислительная механика» (CompMechLab®) и малого инновационного предприятия «Политех-Инжиниринг», — был накоплен многолетний успешный опыт работы в интересах зарубежных высокотехнологичных компаний, в числе которых ABB, Airbus, BMW Group (BMW, MINI, Rolls-Royce), Boeing, Daimler (Mercedes-Benz Cars, Daimler Trucks), Ferrari, General Electric (Oil & Gas, Power, Healthcare), General Motors (Cadillac, Opel, Hummer), Tesla, LG Electronics, Schlumberger, Volkswagen Group (Audi, Bugatti Automobiles, Porsche), Weatherford International, China Nuclear Power Corporation, Chery, Liebao Motor, Zhiche Auto, Qiantu Motor и др.

Например, было выполнено большое количество работ в интересах ведущих зарубежных автопроизводителей: только в интересах мирового лидера автомобильного премиум-сегмента в период с 2007 по 2019 год было реализовано более 200 проектов в сфере пассивной безопасности, вибраций и шума (виброакустического ком-

» ВАЖНО ОТМЕТИТЬ, ЧТО 16 СЕНТЯБРЯ 2014 ГОДА СПБПУ ПРИНИМАЛ АКТИВНОЕ УЧАСТИЕ В ПОДГОТОВКЕ МАТЕРИАЛОВ И РАБОТЕ ПЕРВОГО ЗАСЕДАНИЯ ПРЕЗИДИУМА СОВЕТА ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ И ИННОВАЦИОННОМУ РАЗВИТИЮ РОССИИ, КОТОРОЕ ВПЕРВЫЕ БЫЛО ПОЛНОСТЬЮ ПОСВЯЩЕНО ПРОБЛЕМАТИКЕ РАЗВИТИЯ НОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ — ИМЕННО С ЭТОГО ЗАСЕДАНИЯ СЛЕДУЕТ ВЕСТИ ОТСЧЕТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО РАЗРАБОТКЕ, РАЗВИТИЮ И ПРИМЕНЕНИЮ НОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ

форта), прочности и эксплуатационных нагрузок, защиты пешеходов, безопасности интерьера, омологации и др.

Кроме того, можно отметить развитые партнерские взаимоотношения Инжинирингового центра СПбПУ с такими российскими организациями, как ГК «Росатом», ГК «Ростех», ГК «Роскосмос», ОАО «РЖД», ПАО «Газпром», ПАО «Газпром нефть», Объединенная двигателестроительная корпорация (ОДК), Объединенная авиастроительная корпорация (ОАК), АО «Вертолеты России», Объединенная судостроительная корпорация (ОСК), ФГУП «НАМИ», ПАО «АВТОВАЗ», ПАО «КАМАЗ», ООО «УАЗ», ПАО «Силовые машины», АО «Трансмашхолдинг», холдинг «Синара — Транспортные машины», ЦНИИ «Электроприбор», и многими другими [6].

Важно отметить, что 16 сентября 2014 года СПбПУ принимал активное участие в подготовке материалов и работе первого заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России, которое впервые было полностью посвящено проблематике развития новых производственных технологий — именно с этого заседания следует вести отчет деятельности по разработке, развитию и применению новых производственных технологий в России.

В феврале 2015 года в СПбПУ был создан первый в России Институт передовых производственных технологий (далее — ИППТ). Миссия ИППТ — генерация, применение и распространение глобально конкурентоспособных меж-, мульти- и трансдисциплинарных политехнических знаний, разработка, развитие и эффективное применение передовых производственных технологий, разработка продукции нового по-

коления, развитие практико-ориентированных технологий обучения и подготовки магистров в рамках выполнения НИОКР по заказам предприятий высокотехнологичной промышленности.

С мая 2015 года СПбПУ является лидером и драйвером направления «Технет» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы, в рамках которого была разработана дорожная карта по координации действий органов исполнительной власти, государственных и частных компаний, общественных организаций по реализации инициатив, направленных на обеспечение конкурентоспособности отечественных компаний на рынках НТИ и в высокотехнологичных отраслях промышленности в долгосрочной перспективе. Дорожная карта «Технет» (передовые производственные технологии) охватывает такие передовые производственные технологии, как цифровое проектирование и моделирование, новые материалы, аддитивные и гибридные технологии, робототехнику, промышленную сенсорику, Индустриальный Интернет, большие данные (Big Data), информационные системы управления производством и предприятием, технологии виртуальной и дополненной реальности, искусственный интеллект.

Дорожная карта «Технет» была одобрена на заседании президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России 14 февраля 2017 года, которое провел Председатель Правительства Российской Федерации Д. А. Медведев.

Основными целями дорожной карты являются:

- » формирование комплекса ключевых компетенций в Российской Федерации, обеспечива-

ющих интеграцию передовых производственных технологий и бизнес-моделей для их распространения в качестве «Фабрик будущего» (систем комплексных технологических решений, обеспечивающих в кратчайшие сроки проектирование и производство глобально конкурентоспособной продукции нового поколения, которые, как правило, генерируются на основе испытательных полигонов);

- » создание конкурентоспособной, созданной с учетом индивидуальных потребностей заказчика продукции нового поколения для рынков НТИ и высокотехнологичных отраслей промышленности.

С июля 2016 года СПбПУ реализует мегапроект «Фабрики Будущего», нацеленный на развитие и повышение конкурентоспособности отечественной высокотехнологичной промышленности за счет решения инженерно-технологических проблем-вызовов государственного значения, которые не удастся решить высокотехнологичным предприятиям с помощью традиционных подходов. Мегапроект «Фабрики Будущего» был одобрен на расширенном заседании Наблюдательного совета АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов», состоявшемся 21 июля 2016 года под председательством Президента Российской Федерации В.В. Путина.

По результатам заседания Инжиниринговый центр СПбПУ и ГК ComMechLab® совместно с Минпромторгом России и высокотехнологичными корпорациями/компаниями из различных отраслей высокотехнологичной промышленности ведет постоянную работу по формированию, сопровождению и развитию Фабрик Будущего.

1. Центр НТИ СПбПУ: экосистема и консорциум

Ключевая деятельность Центра НТИ СПбПУ — разработка решений для создания высокотехнологичных изделий мирового уровня с применением новых производственных технологий и кросс-отраслевых и мультидисциплинарных компетенций инженеров и ученых СПбПУ, а также членов консорциума.

Направления деятельности Центра НТИ СПбПУ соответствуют ключевым направлениям дорожной карты «Технет» (передовые производственные технологии) НТИ, целям и задачам Национальной технологической инициативы, Стратегии научно-технологического развития РФ, национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и развиваются в русле концепции Фабрик Будущего: цифровая трансформация бизнес-процессов и бизнес-моделей, цифровое проектирование и моделирование, разработка цифровых двойников изделий и производственных/технологических процессов, аддитивные технологии, разработка и применение новых материалов и др.

Центр НТИ СПбПУ развивает компетенции предприятий в области передовых производственных технологий (далее — ППТ): готовит специалистов и организует внедрение ППТ на предприятиях, осуществляет трансфер новых производственных технологий в высокотехнологичные отрасли промышленности.

Ключевые компетенции Центра НТИ СПбПУ:

1. Smart Design — цифровое проектирование и моделирование (CAD-CAE-HPTC-CAO-CAM-CAAM), бионический/генеративный дизайн ((Simulation & Optimization)-Driven Bionic/Generative Design), цифровые двойники (Digital Twins), «умные» цифровые двойники — Smart Digital

Twin (CAD, CAE, CAO, CAM, CAAM, Simulation & Optimization)-Driven Bionic Design, PDM, SPDM, PLM & Advanced Manufacturing).

2. Новые материалы (в первую очередь, композиционные материалы, наноматериалы, метаматериалы, металлопорошки для аддитивного производства).

3. Аддитивные технологии и аддитивное производство, включая 3D-принтеры, технологии, подходы и способы работ с исходными материалами, разработка и производство металлопорошков и набор услуг по 3D-печати.

4. Smart Manufacturing-технологии и гибридные производственные технологии.

Специалисты Центра НТИ СПбПУ совместно с партнерами и участниками консорциума формируют единую среду — экосистему — развития новых производственных технологий за счет согласованных дей-

ствий по ключевым направлениям, от разработки до продвижения продукции, в рамках единой программы развития сквозной технологии и реализации плана мероприятий («дорожной карты») «Технет» (передовые производственные технологии) НТИ. По состоянию на сентябрь 2019 года в Центре НТИ СПбПУ трудоустроены и работают 850 человек, 67,6% из которых — инженеры и научно-технический персонал, а 26,9% — научно-педагогические и научные работники.

На октябрь 2019 года консорциум во главе с СПбПУ включает 62 организации, среди которых: 19 ведущих университетов (СПбПУ, МГУ им. М.В. Ломоносова, СПбГУ, Сколтех, Иннополис, ЮУрГУ, Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королёва, МГТУ «СТАНКИН», Московский политехнический университет, Тульский государственный педагогический университет им. Л.М. Ткачука и др.).

**» В 2018 ГОДУ СПЕЦИАЛИСТАМИ ЦЕНТРА НТИ
СПБПУ БЫЛО РЕАЛИЗОВАНО 52 НИОКТР
В ИНТЕРЕСАХ 41 ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ С ОБЩИМ ОБЪЕМОМ
ФИНАНСИРОВАНИЯ СВЫШЕ 750 МЛН
РУБЛЕЙ. ПОДАВЛЯЮЩЕЕ БОЛЬШИНСТВО
РЕАЛИЗОВАННЫХ ПРОЕКТОВ ИМЕЛИ
НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ ОТНОШЕНИЕ К РАЗВИТИЮ
СКВОЗНОЙ ЦИФРОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ «НОВЫЕ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ». КРОМЕ
ТОГО, БЫЛО ПОЛУЧЕНО БОЛЕЕ 30 РЕЗУЛЬТАТОВ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
И ЗАКЛЮЧЕНО 5 СОГЛАШЕНИЙ НА ИХ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ.**

ческий университет им. Л.Н. Толстого и др.), 6 высокотехнологичных корпораций (ГК «Росатом», ГК «Ростех», ОАО «РЖД», АО «ОДК», ПАО «ОАК», АО «ОСК»), крупные промышленные высокотехнологические предприятия — лидеры отраслей («Северсталь», АВТОВАЗ, КАМАЗ, УАЗ и др.), крупнейшие научные организации (НИЦ «Курчатовский институт», РФЯЦ-ВНИИЭФ, ЦНИИ РТК, ИПХФ РАН и др.), высокотехнологичные компании-лидеры, «национальные чемпионы»: ГК «Диаконт», лауреаты Национальной промышленной премии Российской Федерации «Индустрия» ООО Лаборатория «Вычислительная механика» (CompMechLab®) и ЗАО «Биокад», победители конкурса «Развитие-НТИ» Фонда содействия инновациям, резиденты Фонда «Сколково», институты развития (Образовательный центр «Сириус», Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад» и др.) [7].

В 2018 году специалистами Центра НТИ СПбПУ было реализовано 52 НИОКТР в интересах 41 высокотехнологичного предприятия с общим объемом финансирования свыше 750 млн рублей. Подавляющее большинство реализованных проектов имели непосредственное отношение к развитию сквозной цифровой технологии «Новые производственные технологии». Кроме того, было получено более 30 результатов интеллектуальной деятельности и заключено 5 соглашений на их использование.

Центр НТИ СПбПУ, Ассоциация «Технет» и группа компаний CompMechLab® выступили организаторами Первого Всероссийского форума «Новые производственные технологии», прошедшего 3–5 октября 2019 года в СПбПУ. Темой форума стали перспективы развития рынков Национальной технологической инициативы и повышение конкурентоспособности отечественных ком-

паний на высокотехнологичных глобальных рынках — в соответствии с целями национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и национального проекта «Наука». Генеральным партнером форума стало АО «РВК», стратегическим партнером — ГК «Росатом», форум прошел при поддержке ГК «Ростех».

Всего в мероприятии приняли участие более 400 человек — руководителей и специалистов корпораций и ведущих высокотехнологичных предприятий, лидеров отечественной науки и образования, представителей институтов развития, федеральных и региональных органов власти.

Положительные результаты работы на форуме были высоко оценены участниками, которые предложили организаторам мероприятия проводить форум «Новые производственные технологии» ежегодно.

2. Реализация Центром НТИ СПбПУ проектов в интересах высокотехнологичных предприятий

С января 2018 года по август 2019 года специалисты Центра НТИ СПбПУ приняли участие в реализации 96 НИОКТР в интересах более 50 высокотехнологичных предприятий с общим объемом финансирования более 1 млрд рублей. Кроме того, было получено 48 результатов интеллектуальной деятельности и заключено 14 соглашений на их использование.

Помимо работ, в которых непосредственно участвовали представители Центра НТИ СПбПУ, участниками консорциума за этот же период реализовано НИОКТР в области сквозной технологии объемом свыше 2 млрд рублей.

В рамках деятельности консорциума реализуются крупные мультидисциплинарные проекты

для различных отраслей совместно с различными компаниями.

Принципиально новая конструкция антарктических саней для перевозки крупногабаритных многотонных грузов

Проект «Антарктические сани» — это разработка конструкции, которая должна перевозить крупногабаритные грузы (весом до 60 тонн) по Антарктиде на расстоянии до 1500 км.

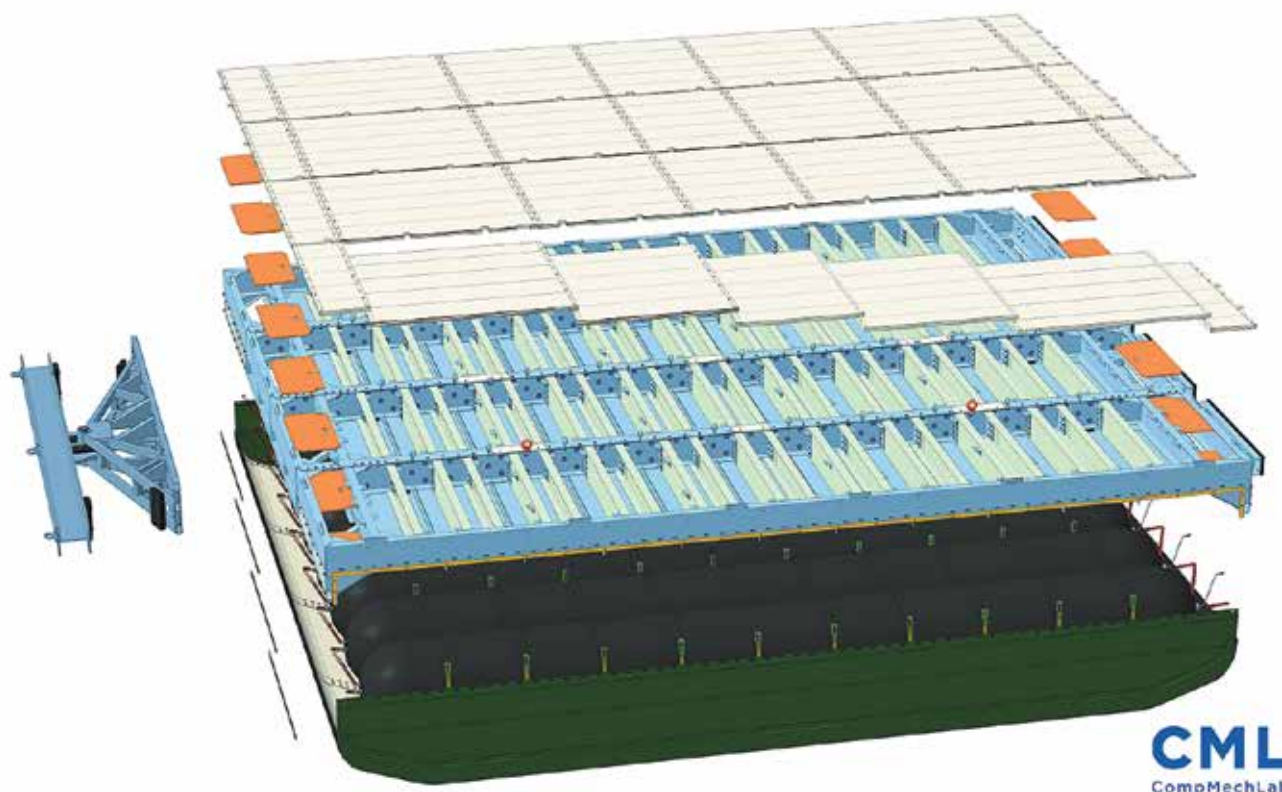
Для решения проблемы-вызова в кратчайшие сроки был сформирован проектный консорциум: заказчиком проекта выступил НИПИ-ГАЗ, команда Центра НТИ СПбПУ и ГК CompMechLab® осуществляла проектирование и моделирование саней, а производство и сборку конструкции производили на Заводе им. «Комсомольской правды».

Компетенции мирового уровня, опыт и уникальные ресурсы Центра НТИ СПбПУ, которые были использованы в процессе разработки цифрового двойника транспортных антарктических саней и проведения сотен виртуальных испытаний, моделирующих условия эксплуатации в Антарктиде, позволили найти решение для конструкции, перемещающей до 60 тонн вместо 16 тонн для существовавших конструкций [8].

Нижняя часть прицепного устройства общей площадью 120 кв. метров является скользящей платформой, состоящей из листов, выполненных из полимера. На ней установлены 8 пневмобаллонов. Именно они гасят колебания и обеспечивают плавность хода, включая движение среди торосов.

Сверху баллонов ставится металлическая рама размером 10 на 12 метров, состоящая из 4 модулей. На ней монтируется поверхность для размещения груза (например, стандартный контейнер шириной 2,5 метра). В сне-

Рисунок 1 — Антарктические сани (3D-модель)



Источник: [10]

гопад платформа и баллоны могут быть защищены тентом, который обеспечивает герметичность [9].

Проект был реализован в рекордно короткие сроки. Заказ был получен в июле 2018 года, а спустя всего лишь четыре месяца антарктические сани были спроектированы и изготовлены к 1 ноября 2018 года. Из этих 4 месяцев на цифровое проектирование и подготовку рабочей документации было выделено чуть более 2 месяцев. При выполнении подобного проекта на основе традиционных подходов проектирования с доводкой изделия до требуемых характеристик на основе изготовления опытных образцов и их многократных испытаний гарантированно ушло бы больше года.

Презентация проекта состоялась 1 ноября 2018 года. При разработке проекта учитывались, в том числе, различные условия эксплуатации: низкая температура эксплуатации,

сильно пересеченная местность, торосы, подъемы и спуски, возможные сильные порывы ветра и многие другие факторы. 7 ноября 2018 года первые в мире крупнотоннажные сани, предназначенные для перевозки крупногабаритных многотонных грузов в Антарктиде, были отправлены на судне «Академик Федоров» в Антарктиду для прохождения испытаний на российской станции «Прогресс». Первый этап испытаний был успешно завершен уже в феврале 2019 года [10, 11].

Универсальная модульная пассажирская платформа автобуса, электробуса, троллейбуса

Один из крупнейших проектов Центра НТИ СПбПУ в 2018–2019 гг. — «Разработка универсальной пассажирской платформы и семейства городских автобусов на ее базе» — реализуется с 2018 года совместно

с ПАО «КАМАЗ» в рамках Национального консорциума развития автономного, подключенного, электрического транспорта, меморандум о создании которого был подписан на Петербургском международном экономическом форуме 2 июня 2017 года [12].

Проект предполагает создание инновационной универсальной модульной платформы (далее — УПП) для нового модельного ряда автобусов, электробусов, троллейбусов средней, большой и особо большой вместимости с различными типами двигателей: дизельным, газовым, электрическим, гибридным. В рамках проекта предусматривается унификация модулей экстерьера и интерьера, что позволит сократить временные и финансовые затраты на производство, обслуживание и ремонт машин, снизить их снаряженную массу и достичь таким образом улучшения экологических показателей.

Исходной целевой задачей проекта стала разработка best-in-class продукта — семейства лучших в своем классе городских автобусов на базе универсальной пассажирской платформы, которые превзойдут по своим техническим параметрам и пользовательским характеристикам все имеющиеся аналоги, но в то же время будут релевантны ресурсам и производственным мощностям ПАО «КАМАЗ».

Техническое задание включает такие пункты, как обзор автобусов-аналогов (бенчмарк-автобусы), выбор базового автобуса семейства, разработку концептуальных предложений по стилистическим решениям экстерьера автобуса, анализ применяемых материалов, разработку технических требований на базовый автобус, выбор системы двигателя, решения в области управляемости и плавности хода, электрики и электроники, климатической системы и др. [13]

В ходе рабочей встречи специалистов Центра НТИ СПбПУ и делегации ПАО «КАМАЗ» 5 июня 2019 года были продемонстрированы результаты по всем 80 пунктам технического задания первого этапа, каждый из которых был одобрен заказчиком.

Второй этап проекта был завершен в августе 2019 года и стал началом проектирования и моделирования ключевых компонентов УПП. Проект предполагает применение широкого спектра передовых производственных технологий: конечно, в первую очередь, разработку цифровых двойников различных вариантов исполнения УПП, ее элементов и сопутствующего производства, разработку виртуальных испытательных стендов и полигонов, проведение множества виртуаль-

ных испытаний разработанной УПП на соответствие сертификационным требованиям, а также аддитивных технологий и технологий промышленной робототехники [13].

Разработка кузова, шасси, элементов экстерьера и интерьера и организация высокотехнологичного производства автомобиля УАЗ ПАТРИОТ 2020 модельного года

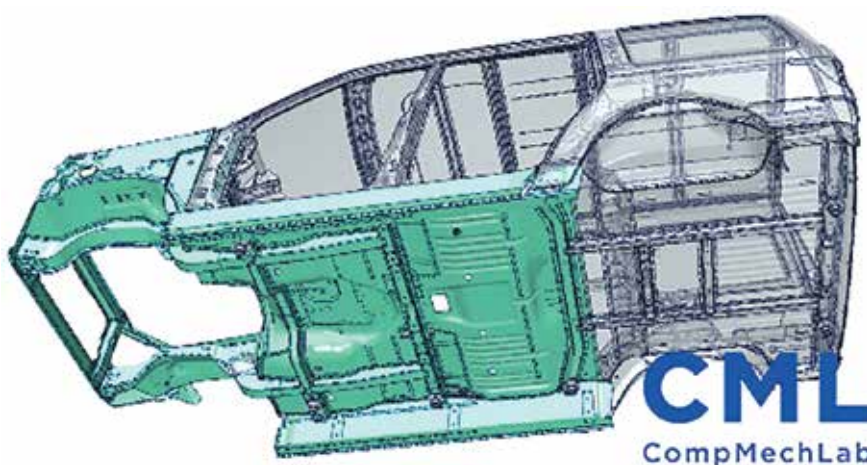
Работа реализуется в рамках договора с Минобрнауки России за счет средств субсидии¹. Проект является частью комплексной инвестиционной программы развития семейства «УАЗ Патриот» 2020. Сроки реализации проекта: январь 2017 года — ноябрь 2019 года.

Общие цели НИОКТР — улучшить потребительские характеристики автомобиля, в том числе плавность хода, управляемость и устойчивость, обеспечить соответствие конструкции современным требованиям по пассивной безопасности Euro NCAP и ЕЭК ООН, повысить виброакустический комфорт, сократить сроки подготовки серийного производства ав-

томобиля, а также обновить внешний вид (работы по внешнему виду проводятся соисполнителем работы — ФГУП «НАМИ»).

Разработанные сотрудниками Центра НТИ СПбПУ подходы, методы, технологии и расчетные методики широко применяются в ходе создания нового автомобиля УАЗ Патриот 2020. В работе реализуется глубокая модернизация конструкции кузова автомобиля, разрабатывается новая конструкция шасси, а также новые экстерьер и интерьер. Ключевая особенность работы — разработка матрицы целевых показателей и ресурсных (временных, финансовых, технологических и др.) ограничений, разработка цифровых двойников (Digital Twin) изделий, компонентов и технологических процессов их изготовления путем балансировки конфликтующих между собой целевых показателей и ограничений, а также многочисленные виртуальные испытания на специально разработанных в ходе выполнения работы виртуальных стендах и виртуальных полигонах. Эти уникальные подходы и технологии позволяют

Рисунок 2 — Переработанная модель кузова автомобиля «УАЗ Патриот» 2020



Источник: [14]

¹ Источник финансирования: договор с Минобрнауки России от 03 марта 2017 г. № 03.G25.31.0233.

сократить затраты на выполнение работ на 15–20% по сравнению с существующими и сократить сроки разработки на 1–2 года. Реализация проекта обеспечивает выпуск новых автомобилей в течение 3–4 лет, что соответствует общепринятой практике [15].

Разработка подхода к проектированию, расчету и изготовлению малоразмерного газотурбинного двигателя на основе методов компьютерного и суперкомпьютерного инжиниринга и аддитивных технологий производства

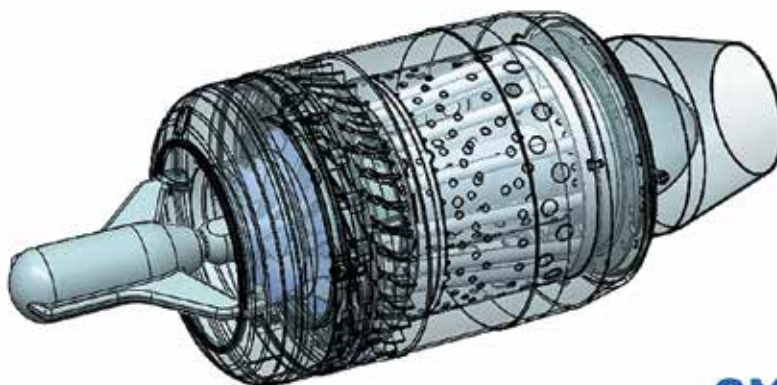
Проект реализуется в рамках договора с Минобрнауки России за счет средств субсидии².

В соответствии с задачами, поставленными Минобрнауки России, специалисты Центра НТИ СПбПУ ведут разработку методов проектирования и создания малоразмерных газотурбинных двигателей (далее — МГТД) для аддитивного производства [16].

Для реализации проекта специалисты Центра НТИ СПбПУ применяют современные методы и технологии цифрового проектирования на основе разработки цифровых двойников компонентов, изделий и технологических процессов их изготовления, выполняют многочисленные виртуальные испытания.

В рамках первого этапа проекта была разработана геометрическая модель МГТД на основе аналога с применением компьютерной томографии и 3D-сканирования, разработаны мультидисциплинарные математические модели, выполнены

Рисунок 3 — Геометрическая модель МГТД на основе аналога с применением томографии и 3D-сканирования



CML
CompMechLab

Источник: [17]

ресурсоемкие расчеты газодинамических процессов для основных компонентов МГТД: входное устройство компрессора, рабочее колесо компрессора, спрямляющий аппарат компрессора, рабочее колесо турбины, сопловой аппарат, сопло. В ходе выполнения работы проводилась модификация элементов ГТД, особенно с учетом дальнейшего производства МГТД с помощью аддитивных технологий.

На втором этапе для снижения массы изделия выполнена топологическая оптимизация элементов МГТД, проведена оценка собираемости двигателя с помощью деталей, напечатанных из пластика, а также разработан подход к оценке долговечности и усталостной прочности элементов.

На третьем этапе была подготовлена рабочая конструкторская документация производства МГТД с применением аддитивных технологий.

В первой половине 2019 года изготовленный опытный образец прошел валидационные испытания.

В конце 2019 года запланированы натурные испытания двигателя, который будет укомплектован деталями, разработанными по результатам оптимизации.

Целевая группа разработки двигателя включает предприятия двигателестроения, в том числе авиационного двигателестроения, входящие в Объединенную двигателестроительную корпорацию: ПАО «ОДК-Сатурн», АО «ОДК-Климов», ОАО «Пермский моторный завод», АО «НПЦ газотурбостроения «Салют» и другие.

Создание маломерного научно-исследовательского судна для комплексных исследований морской прибрежной акватории с применением инновационной методологии проектирования, разработкой системы управления жизненным циклом изделия (судна) и внедрением режима безэкипажного управления движением³

21 мая 2019 г. на Средне-Невском судостроительном заводе (входит в АО «ОСК») состоялась торжественная церемония закладки научно-исследовательского судна «Пионер-М» — первого в России судна с технологией безэкипажного вождения. Композитный корпус

² Источник финансирования: Минобрнауки России, задание № 9.4081.2017/ПЧ.

³ Проект реализуется Севастопольским государственным университетом, индустриальный партнер — Центр судоремонта «Звездочка». Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.578.21.0259, уникальный идентификатор проекта: RFMEFI57817X0259, период выполнения: 26.09.2017 – 30.06.2020 г.

судна разрабатывался в ходе проекта 23290 «Грифон», в реализации которого активное участие принимали специалисты Инжинирингового центра СПбПУ и Института передовых производственных технологий СПбПУ.

«Пионер-М» — маломерное научно-исследовательское судно катамаранного типа с корпусом, выполненным из композиционных материалов. Разработка проекта велась Севастопольским государственным университетом в сотрудничестве с другими профильными вузами при поддержке Минобрнауки России. Совместно со студентами из ведущих профильных кораблестроительных вузов России в летней сессии по проектированию «Пионер-М» участвовала и команда студентов Института передовых производственных технологий СПбПУ [18]. В течение двух месяцев студенты и молодые инженеры ИППТ СПбПУ занимались проектированием, расчетами общей и местной прочности судна, а также расчетами прочности моста будущего катамарана.

Судно предназначено для научных работ и исследований, в том числе в области океанографии, гидробиологии, гидроакустики, гидрохимии, геоморфологии. Предполагается круглогодичная эксплуатация судна на Азовском и Черном морях. На «Пионер-М» будет установлена энергетическая установка, дальность плавания судна составит 500 морских миль, а водоизмещение — 72 тонны [20].

Строительство судна возложено на Средне-Невский судостроительный завод, который будет выполнять работы по созданию корпуса из композитных материалов, крымское предприятие «Судокомполит» отвечает за строительство надстройки, а финальный монтаж и сборка будут проведены на Севастопольском морском заводе (филиал Центра судоремонта «Звездочка») [19].

В проекте применена инновационная методология проектирования на основе жизненного цикла судна. В частности, специалистами Центра НТИ СПбПУ был использован новый подход в проектировании — разработка цифрового

двойника корпуса судна. Эта технология сокращает сроки проектирования и позволяет эффективно осуществлять мониторинг корпуса судна в ходе его эксплуатации, так как цифровой двойник судна определяет критические зоны и критические характеристики на всех этапах жизненного цикла, отвечая на такие важные вопросы как «Где (в каких зонах) измерять?» и «Что (какие характеристики) измерять?» [16, 21].

Разработка концепта нового перспективного самолета-амфибии

Центр НТИ СПбПУ заканчивает инициативный проект по созданию цифрового двойника перспективного самолета-амфибии и производству прототипа с применением передовых производственных технологий, который с конца 2017 года осуществлялся в рамках сотрудничества с командой чемпиона мира по пилотажу на планёрах, Героя Советского Союза и Героя Российской Федерации С.К. Крикалёва и генерального директора ООО «Аэросила» А.Н. Баланёва [22, 23].

Проект включал разработку нескольких модификаций самолета-амфибии различного назначения, в том числе оптимизировались аэродинамические показатели конструкции самолета-амфибии под заданные цели, велась разработка полностью композитных крыльев и корпуса, а также учитывалась необходимость обеспечить возможность взлета и посадки самолета-амфибии в условиях как твердой поверхности, так и водной поверхности при ограниченной полосе разбега.

Основные этапы реализации проекта:

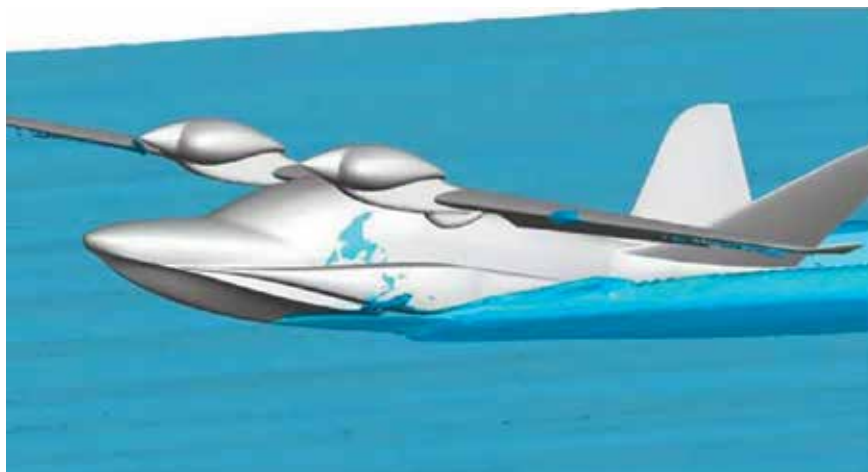
1. Разработка матрицы целевых показателей и ресурсных ограничений как основа для раз-

Рисунок 4 — Научно-исследовательское судно «Пионер-М» (3D-модель)



Источник: [19]

Рисунок 5 — Численное моделирование динамики движения самолета-амфибии на заданной скорости



Источник: [16]

- работки цифрового двойника самолета-амфибии.
2. Разработка альбома виртуальных испытаний, перечня виртуальных стендов и виртуальных полигонов.
3. Конструктивная проработка сочленения фюзеляжем с крылом и другими аэродинамическими элементами, формы носа, законцовок крыла, оптимальной ширины фюзеляжа.
4. Расчет тяг для различных высот.
5. Создание и оптимизация двухцелевой схемы закрылок.
6. Создание параметризованной модели днища. Расчет гидродинамики движения самолета-амфибии.
7. Проектирование оптимальной геометрии профиля винтов.
8. Создание финальной геометрии внешней стилевой поверхности.
9. Проведение виртуальных испытаний на виртуальных стендах и виртуальных полигонах.
10. Разработка цифрового двойника самолета-амфибии и подготовка цифровой РКД [16].

Расчеты проводились с использованием вычислительных ресурсов Суперкомпьютерного центра «Политехнический» (суммарная пиковая мощность всех высокопро-

изводительных систем более 1,3 Петафлопс): расчетная сетка половины модели самолета-амфибии составила ~ 50 млн ячеек, затраченные вычислительные ресурсы — 140 ядер-часов на один расчет, время расчета одной задачи — 9 минут.

Готовность опытного образца и начало летных испытаний самолета-амфибии запланированы на I квартал 2020 года. Проект вызывает значительный интерес у зарубежных партнеров из Китая, Индии, Малайзии и Индонезии, а разработанный самолет-амфибия может использоваться не только в туристических целях, но и для обеспечения мобильности населения России в труднодоступных районах, в первую очередь, в районах с водными бассейнами, где раскинулись многочисленные реки, которые сыграли важную историческую роль в заселении и освоении новых земель, так как на реках расположены почти все крупнейшие города страны.

3. Развитие компетенций в сфере новых производственных технологий Центром НТИ СПбПУ

За 8 месяцев 2019 года сотрудни-

вили 2481 специалиста с высшим образованием по различным направлениям повышения квалификации в области сквозной технологии «Новые производственные технологии».

Всего же слушателями различных программ и курсов по новым производственным технологиям, проведенных специалистами Центра НТИ СПбПУ за 8 месяцев 2019 года стали более 10 000 человек, в том числе в рамках основной образовательной программы бакалавриата более 2000 студентов 1-го курса изучили курс «Передовые производственные технологии». Разработан общеобразовательный массовый онлайн-курс «Технологии цифровой промышленности», рассчитанный на 1-й курс для программ бакалавриата по любым направлениям подготовки.

В 2019 году был выпущен 31 магистр по направлениям сквозной технологии («Компьютерный инжиниринг и цифровое производство», «Процессы управления наукоемкими производствами», «Механика и цифровое производство» и др.).

Всего реализуется 16 программ дополнительного профессионального образования по направлениям «Организация и управление наукоемкими производствами», «Материаловедение» и «Инноватика». Больше 1500 человек зарегистрировались и 147 успешно сдали экзамен в рамках второго выпуска онлайн-курса «Технологии Фабрик Будущего» (15 января — 29 июня 2019 года). 9 сентября 2019 года стартовал третий выпуск онлайн-курса, который завершится 25 января 2020 года. В настоящее время более 100 участников проходят онлайн-курс «Аддитивные технологии» на платформе Coursera, при этом срок обучения варьируется в зависимости от того, когда была подана заявка слушателем.

В сентябре 2019 года на второй набор в магистратуру ИППТ на международную образовательную программу на английском языке «Технологическое лидерство и предпринимательство» Высшей школы технологического предпринимательства Института передовых производственных технологий поступило 15 человек. Ведется разработка основной магистерской программы «Технологическое лидерство и предпринимательство» на русском языке.

Также более 1000 слушателей со всей России участвуют в курсе переподготовки учителей школ и средних учебных заведений по направлению «Передовые производственные технологии». С начала 2019 года успешно окончили курс более 300 человек. Программа реализуется совместно с Ассоциацией 3D образования.

Опыт реализации проектов и взаимодействия с заказчиками из различных отраслей показал, что существует потребность в обеспечении устойчивого развития предприятий за счет наращивания собственных компетенций. Для достижения этой цели Центром НТИ СПбПУ разработан, а в 2018–2019 годах реализован новый формат повышения квалификации и переподготовки инженерных кадров высокотехнологичных предприятий промышленности — ЗИЦ — зеркальный инжиниринговый центр (за образец-прототип такого центра берется Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» СПбПУ), постоянно действующий механизм взаимодействия инженерных команд Заказчика и Исполнителя в ходе работы над несколькими проектами одновременно.

Для выполнения большого количества проектов для предприятий из разных высокотехно-

логических отраслей промышленности применяется CML-Цифровая платформа разработки цифровых двойников CML-Bench — разработка стратегического партнера Центра НТИ СПбПУ ООО Лаборатория «Вычислительная механика» (CompMechLab®). Эта разработка в 2017 году была удостоена Национальной промышленной премии Российской Федерации «Индустрия» («Промышленный Оскар»).

В зеркальных инжиниринговых центрах отрабатываются отраслевые подходы, масштабируются компетенции и внедряются наиболее успешные практики, касающиеся и непосредственно новых производственных технологий, и обеспечивающей деятельности, включая управление инновационными проектами и обеспечение информационной безопасности.

В рамках образовательного интенсива «Остров 10–22» Центр НТИ СПбПУ предложил в качестве модели взаимодействия с вузами университетские зеркальные инжиниринговые центры (УЗИЦ). В рамках этого направления сотрудничества предполагается создание региональных площадок — центров компетенций по направлению новых производственных технологий на базе ведущих университетов для развития высокотехнологичных рынков и компетенций посредством реализации совместных проектов с вузами и индустриальными партнерами этих регионов, через проведение совместных образовательных программ [24]. В настоящее время ведется проработка и подготовка к запуску университетских зеркальных инжиниринговых центров с ведущими российскими университетами в рамках реализации 26 соглашений о создании таких центров, которые были заключены в ходе образовательного интенсива «Остров 10–22» [24].

4. Подготовка аналитических материалов в области развития новых производственных технологий

Сотрудники Центра НТИ СПбПУ выступили в качестве экспертов, подготовив главу «Глобальный передовой опыт для ускорения цифровой трансформации бизнеса в России. Цифровая индустрия» в доклад о развитии цифровой экономики в России (Russia Digital Economy Report) «Конкуренция в цифровую эпоху: стратегические вызовы для Российской Федерации» (“Competing in the Digital Age: Policy Implications for the Russian Federation”), опубликованный Всемирным банком в сентябре 2018 года [25].

Осенью 2018 года по заказу АО «РВК» специалисты Центра НТИ СПбПУ разработали региональный стандарт НТИ — комплекс методических рекомендаций по участию в НТИ для быстрорастущих технологических компаний, региональных органов власти и ведущих университетов. Региональный стандарт как один из сервисов входит в обновленную матрицу НТИ — официальную схему сервисов, рынков и технологий, используемую как основной ориентир для определения направлений развития НТИ.

В региональном стандарте НТИ рассмотрены следующие вопросы:

1. Стимулирование вовлечения в НТИ быстрорастущих технологических компаний.
2. Взаимодействие между институтами развития и регионами.
3. Использование инновационной инфраструктуры для развития НТИ и цифровой экономики.
4. Образовательные и кадровые программы поддержки НТИ и цифровой экономики.

Проект регионального стандарта НТИ прошел апробацию на 5 стратегических сессиях в Мо-

ске, Екатеринбурге, Томске, Казани и Санкт-Петербурге с участием более 30 экспертов из 14 городов России.

На этой основе в ходе работы совместной лаборатории Центра НТИ СПбПУ и АО «РВК» «Региональный стандарт»: роль университета в развитии локальной экосистемы НТИ», проходившей с 17 по 21 июля 2019 года в рамках образовательного интенсива «Остров 10–22», были разработаны 20 прототипов региональных дорожных карт развития НТИ [24, 26].

В 2017–2018 годах специалистами Центра НТИ СПбПУ был разработан «Прогноз реализации приоритета научно-технологического развития, определенного пунктом 20а Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, к новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта)»⁴.

Соисполнителями работ стали НИУ «Высшая школа экономики», Университет ИТМО, ФБУ «Российское технологическое агентство» (Центр управления проектами в промышленности) и Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад» [27].

Основными результатами работ стали:

- » 36 детализированных перечней технологий;
- » 11 блоков научных задач (проблем);
- » 8 направлений исследований и разработок;
- » 26 карт, 5 ландшафтов и матриц ключевых технологий;

- » 25 ключевых российских и иностранных центров компетенций;
- » 44 законодательных и 26 социальных барьеров для развития рынков продуктов, услуг и технологий;
- » 10 аналитических карт, отражающих рынки, развитие которых обеспечивается реализацией выбранного приоритета.

Результаты работ были представлены в рамках 28 выступлений, было проведено 6 стратегических сессий, в которых приняло участие более 200 экспертов.

В сентябре — октябре 2018 года по запросу Минпромторга России специалистами Центра НТИ СПбПУ были подготовлены две докладные записки и презентации по темам: «К вопросу формирования Концепции цифрового кораблестроения Российской Федерации» и «К вопросу цифровой трансформации оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации (формирования направления «Технет-2»/«Технет-ОПК»)».

В апреле — июне 2019 года эксперты Центра НТИ СПбПУ выполнили разработку дорожной карты по сквозной цифровой технологии «Новые производственные технологии» по заказу ГК «Росатом». Работа была реализована в рамках федерального проекта «Цифровые технологии» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [28].

Дорожная карта стала документом, направленным на формирование рамочных условий для поиска, отбора и организации целевой поддержки проектов в сфере новых производственных технологий в Российской Федерации.

Проект был реализован в кратчайшие сроки (около 2 месяцев). К разработке были привлечены более 200 экспертов из 160 организаций Российской Федерации. Дорожная карта была утверждена 14 октября 2019 года на заседании президиума Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности, которое провел Заместитель Председателя Правительства Российской Федерации М. А. Акимов.

В июне 2019 года в рамках реализации соглашения о сотрудничестве по вопросам научно-консультативного, консультационного, экспертного и информационного взаимодействия СПбПУ с Фондом «Росконгресс» специалисты Центра НТИ СПбПУ в качестве экспертов приняли участие в Петербургском международном экономическом форуме. В ходе работы эксперты посетили несколько мероприятий деловой программы форума и подготовили более 15 экспертных заключений, в которых:

- » отразили описание проблем и решений, сформулированных на основе выступлений участников дискуссий;
- » дали экспертную оценку дискуссии и ее ключевых выводов, сформулировали рекомендации и предложения по ней, а также ее дальнейшему развитию;
- » сформировали подборку исследований ведущих российских и международных компаний, а также аналитических материалов собственного авторства по теме сессий.

В октябре 2019 года Центром НТИ СПбПУ была опубликована книга «Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности. Краткий доклад (сентябрь 2019 г.)». Презентация краткого доклада со-

⁴ Проект выполнен в рамках Соглашения о предоставлении субсидии от 23.10.2017 № 14.572.21.0008, заключенного с Министерством образования и науки Российской Федерации, а также в рамках Дополнительного соглашения № 1 от 21 декабря 2017 года. Уникальный идентификатор: ПНИЭР RFMEFI57217X0008.

Рисунок 6 — Обложка и оглавление книги «Цифровые двойники в высокотехнологической промышленности. Краткий доклад (сентябрь 2019 года)»



Источник: [29]

стоялась в ходе панельной дискуссии «Центры компетенций НТИ в реализации программ научно-образовательных центров (НОЦ) мирового уровня», прошедшей в рамках Первого Всероссийского форума «Новые производственные технологии» 3 октября 2019 года [29].

В книге представлен хронологический обзор и сопоставлены определения понятия «цифровой двойник», предложенные Центром НТИ СПбПУ, компаниями Siemens, General Electric, Autodesk, Gartner и другими, отслеживается изменение трактовки термина в профессиональном сообществе описана методология разработки цифровых двойников, представлена концепция Центра НТИ СПбПУ по созданию цифровых двойников, а также аналитические

данные по публикационной активности в мире по тематике Digital Twin. Публикация книги в формате краткого доклада предшествует изданию полной версии книги.

Заключение

В настоящее время Центром НТИ СПбПУ совместно с участниками консорциума разрабатывается стратегия развития Центра, в которой будут определены подходы к обеспечению деятельности Центра после окончания государственной поддержки в 2021 году.

В соответствии с методическими рекомендациями по разработке стратегии, подготовленными АО «РВК», целью разработки стратегии станет обеспечение устойчивого механизма создания инновационных реше-

ний в области сквозной технологии «Новые производственные технологии» в целях содействия достижения глобального лидерства компаниям, которые используют данные технологии для производства продуктов и услуг. Стратегия определит направления развития Центра НТИ СПбПУ, которые позволят на горизонте трех лет после завершения государственной поддержки обеспечить стабильный доход Центра в результате выполнения большого числа НИОКР в интересах высокотехнологической промышленности.

Естественно, основой для разработки Стратегии развития Центра НТИ СПбПУ станут результаты деятельности, достигнутые в 2018–2019 годах по всем направлениям реализации программы создания Центра. ☑

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Преодоление технологических барьеров. https://www.rvc.ru/eco/overcoming_technological_barriers/
2. Центры компетенций НТИ. <http://www.nti2035.ru/technology/competence>

3. Извещение о проведении конкурсного отбора на предоставление грантов на государственную поддержку центров Национальной технологической инициативы на базе образовательных организаций высшего образования и научных организаций. https://www.rvc.ru/nti/centers/notice_first_round/

4. Центры компетенций НТИ на базе вузов и научных организаций. https://www.rvc.ru/eco/overcoming_technological_barriers/competence_centers_nti/
5. РВК запускает дополнительный отбор восьми Центров компетенций НТИ. <https://www.rvc.ru/press-service/news/company/126072/>
6. Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®). <https://nticenter.spbstu.ru/article/ic-centr-kompyuternogo-inzhiniringa-compmechlab>
7. История [Центра НТИ СПбПУ]. <https://nticenter.spbstu.ru/article/istoriya-centra-nti>
8. Сани высокой грузоподъемности для освоения Арктики и Антарктики разрабатывают в Петербурге. <http://www.interfax-russia.ru/print.asp?id=979803&type=kaleidoscope>
9. Первые в мире. В Петербурге презентовали уникальную платформу для Арктики. <https://yamal-region.tv/news/33810/?black=on>
10. В Петербурге создали радикально новый вид транспорта. https://www.rbc.ru/spb_sz/06/11/2018/5be127ba9a79471467745d76
11. Грузовые сани для Антарктиды. https://stimul.online/news/gruzovye-sani-dlya-antarktidy-/?sphrase_id=3170
12. В рамках ПМЭФ-2017 подписан «Меморандум о намерениях по созданию национального консорциума развития автономного, подключенного, электрического транспорта» с участием СПбПУ. <http://fea.ru/news/6616>
13. Дайджест № 3. Центр компетенций НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии». http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2019/10_oktober/Digest2019-3_All.pdf
14. Разработка кузова, шасси, элементов экстерьера и интерьера и организация высокотехнологичного производства автомобиля «УАЗ Патриот» 2020 модельного года. <http://fea.ru/article/razrabotka-kuzova-shassi-elementov-eksterera-i-interera-i-organizaciya-vysokotehnologichnogo-proizvodstva-avtomobilya-uz-patriot-2020-modelnogo-goda>
15. Дайджест № 1. Центр компетенций НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии». http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2019/04_april/29/2019-04-26_digest-1_.pdf
16. Дайджест № 2. Центр компетенций НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии». http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2019/08_august/07/Digest_2019_2_Pages.pdf
17. Разработка подхода к проектированию, расчету и изготовлению малоразмерного газотурбинного двигателя на основе компьютерного инжиниринга и аддитивных технологий. <http://fea.ru/article/razrabotka-podhoda-k-proektirovaniyu-raschetu-i-izgotovleniyu-malorazmernogo-gazoturbinного-dvigatelya>
18. Проект «Пионер-М». Успешно закончилась летняя сессия Всероссийского межвузовского проекта федерального значения по созданию нового морского научно-исследовательского судна «Пионер-М». Команда Института передовых производственных технологий (ИППТ) СПбПУ Петра Великого будет участвовать и в следующем этапе проекта. <http://fea.ru/news/6463>
19. В Петербурге заложили судно с технологией безэкипажного управления. <https://regnum.ru/news/economy/2632455.html>
20. Средне-Невский судостроительный завод заложит новое научно-исследовательское судно. <https://www.aosk.ru/press-center/news/sredne-nevskiy-sudostroitelnyy-zavod-zalozhit-novoe-nauchno-issledovatel'skoe-sudno/>
21. На СНСЗ заложено научно-исследовательское судно «Пионер-М». <http://fea.ru/news/6951>
22. Инжиниринговый центр CompMechLab® СПбПУ посетил генеральный директор ООО «Аэросила» Андрей Баланёв. <http://fea.ru/album/936>
23. Инновационный российский самолет-амфибию представят в 2020 году. <https://ria.ru/20191107/1560680896.html>
24. Остров 10-22: команда Центра НТИ СПбПУ на Острове Будущего. <https://nticenter.spbstu.ru/news/6994>
25. Конкуренция в цифровую эпоху: стратегические вызовы для Российской Федерации. <http://documents.worldbank.org/curated/en/848071539115489168/pdf/Competing-in-the-Digital-Age-Policy-Implications-for-the-Russian-Federation-Russia-Digital-Economy-Report.pdf>
26. Прототипы 20 дорожных карт по реализации НТИ разработаны на «Острове». <https://ntinews.ru/news/unti/ostrov/prototipy-20-dorozhnykh-kart-po-realizatsii-nti-razrabotany-na-ostrova.html>
27. Прогноз реализации приоритета научно-технологического развития, определенного пунктом 20 а Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. <http://fea.ru/article/prognoz-realizacii-prioriteta-nauchno-tehnologicheskogo-razvitiya-opredelennogo-punktom-20a-strategii-nauchno-tehnologicheskogo-razvitiya-rossijskoj-federacii>
28. ЦИПР-2019: презентация дорожных карт по сквозным технологиям и глобальная цифровизация. <http://fea.ru/news/6954>
29. Первый Всероссийский форум «Новые производственные технологии»: Экспертно-аналитический доклад о роли цифровых двойников в высокотехнологической промышленности. <http://fea.ru/news/7067>

REFERENCES

1. Overcoming technological barriers. Available at: https://www.rvc.ru/eco/overcoming_technological_barriers/
2. National Technology Initiative centers of competence. Available at: <http://www.nti2035.ru/technology/competence>

3. Notice of call for bids for grants for state support of NTI centers on the basis of educational institutions of higher education and research organizations. Available at: https://www.rvc.ru/nti/centers/notice_first_round/
4. NTI centers of competence on the basis of universities and research institutions. Available at: https://www.rvc.ru/eco/overcoming_technological_barriers/competence_centers_nti/
5. RVC launches additional call for bids for eight NTI centers of competence. Available at: <https://www.rvc.ru/press-service/news/company/126072/>
6. SPbPU Computer-Aided Engineering Centre of Excellence CompMechLab®. Available at: <https://nticenter.spbstu.ru/article/ic-centr-kompyuternogo-inzhiniringa-compmechlab>
7. History of SPbPU Advanced Manufacturing Technologies Center of NTI. Available at: <https://nticenter.spbstu.ru/article/istoriya-centra-nti>
8. A sled with high cargo capacity for Arctic and Antarctic under development in St. Petersburg. Available at: <http://www.interfax-russia.ru/print.asp?id=979803&type=kaleidoscope>
9. First in the world. A unique platform for the Arctic presented in St. Petersburg. Available at: <https://yamal-region.tv/news/33810/?black=on>
10. A new type of transport created in St. Petersburg. Available at: https://www.rbc.ru/spb_sz/06/11/2018/5be127ba9a79471467745d76
11. Cargo sled for the Antarctic. Available at: https://stimul.online/news/gruzovye-sani-dlya-antarktidy-/?sphrase_id=3170
12. Memorandum of understanding on the establishment of a national consortium for the development of autonomous, connected and electric transport involving SPbPU signed during SPIEF-2017. Available at: <http://fea.ru/news/6616>
13. Digest No. 3. SPbPU Advanced Manufacturing Technologies Center of the National Technology Initiative. Available at: http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2019/10_oktober/Digest2019-3_All.pdf
14. Development of the body, chassis, exterior and interior components and the organization of high-tech production of the UAZ Patriot 2020 model year. Available at: <http://fea.ru/article/razrabotka-kuzova-shassi-elementov-eksterera-i-interera-i-organizaciya-vysokotekhnologichnogo-proizvodstva-avtomobilya-uaz-patriot-2020-modelnogo-goda>
15. Digest No. 1. SPbPU Advanced Manufacturing Technologies Center of the National Technology Initiative. Available at: http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2019/04_april/29/2019-04-26_digest-1_.pdf
16. Digest No. 2. SPbPU Advanced Manufacturing Technologies Center of the National Technology Initiative. Available at: http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2019/08_august/07/Digest_2019_2_Pages.pdf
17. Development of an approach to design, analysis and manufacture of a small-sized gas turbine engine on the basis of computer-aided engineering and additive technologies. Available at: <http://fea.ru/article/razrabotka-podhoda-k-proektirovaniyu-raschetu-i-izgotovleniyu-malorazmernogo-gazoturbinnogo-dvigatelya>
18. Pioneer-M project. Summer session of Russian nationwide interuniversity project of federal importance aimed to build a new sea research vessel "Pioneer-M" successfully completed. The SPbPU Institute of Advanced Manufacturing Technologies' team to be involved in the next stage of the project. Available at: <http://fea.ru/news/6463>
19. A vessel with crewless control technology laid down in St. Petersburg. Available at: <https://regnum.ru/news/economy/2632455.html>
20. Sredne-Nevisky Shipyard to lay a new research vessel. Available at: <https://www.aosk.ru/press-center/news/sredne-neviskiy-sudostroitelnyy-zavod-zalozhit-novoe-nauchno-issledovatel'skoe-sudno/>
21. "Pioneer-M" research vessel laid down at the Sredne-Nevisky Shipyard. Available at: <http://fea.ru/news/6951>
22. Andrey Balanov, CEO of Aerosila, visited the SPbPU Computer-Aided Engineering Centre of Excellence CompMechLab®. Available at: <http://fea.ru/album/936>
23. Innovative Russian amphibious aircraft to be presented in 2020. Available at: <https://ria.ru/20191107/1560680896.html>
24. Island 10-22: SPbPU Advanced Manufacturing Technologies Center of NTI team took part in the Island of the Future event. Available at: <https://nticenter.spbstu.ru/news/6994>
25. Competition in the digital age: strategic challenges for the Russian Federation. Available at: <http://documents.worldbank.org/curated/en/848071539115489168/pdf/Competing-in-the-Digital-Age-Policy-Implications-for-the-Russian-Federation-Russia-Digital-Economy-Report.pdf>
26. 20 NTI draft roadmaps developed during the "Island" educational event. Available at: <https://ntinews.ru/news/unti/ostrov/prototipy-20-dorozhnykh-kart-po-realizatsii-nti-razrabotany-na-ostrova.html>
27. Forecast about the implementation of the priority for science and technology development stipulated by paragraph 20a of the Russian Strategy for Science and Technology Development. Available at: <http://fea.ru/article/prognoz-realizatsii-prioriteta-nauchno-tehnologicheskogo-razvitiya-opredelennogo-punktom-20a-strategii-nauchno-tehnologicheskogo-razvitiya-rossijskoj-federatsii>
28. CIPR-2019: presentation of roadmaps for cross-cutting technologies and global digitalization. Available at: <http://fea.ru/news/6954>
29. First Russian nationwide forum on new manufacturing technologies: expert report on the role of digital twins in the high-tech industry. Available at: <http://fea.ru/news/7067>