

Алексей Боровков – проректор по цифровой трансформации СПбПУ

В рамках реализации поручения заместителя Председателя Правительства Российской Федерации Дмитрия ЧЕРНЫШЕНКО в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого (СПбПУ) введена должность проректора по цифровой трансформации. На новую должность назначен Алексей Иванович БОРОВКОВ, на протяжении десяти лет занимавший должность проректора по перспективным проектам СПбПУ. Алексей Иванович также является руководителем Научного центра мирового уровня «Передовые цифровые технологии» и [Центра компетенций Национальной технологической инициативы \(НТИ\) СПбПУ «Новые производственные технологии»](#), руководителем [Инжинирингового центра CompMechLab® СПбПУ](#), научным руководителем [Института передовых производственных технологий \(ИППТ\) СПбПУ](#), лидером (со-руководителем) рабочей группы [«Технет» \(передовые производственные технологии\) НТИ](#).



Поручение ввести в российских вузах должность проректора по цифровой трансформации вице-премьер РФ Дмитрий Чернышенко дал в ходе рабочего совещания с ректорами ведущих отечественных вузов, посвященного

вопросам развития сферы высшего образования в части подготовки квалифицированных кадров для приоритетных отраслей цифровой экономики «Кадры для будущего». Мероприятие проходило [6 марта 2021 года](#) в Университете Иннополис (Республика Татарстан), активное участие в совещании принял ректор СПбПУ академик РАН Андрей РУДСКОЙ.

«Здесь очень хороший есть пример, который точно показал свою эффективность, – это институт руководителей по цифровой трансформации [[CDTO, Chief Digital Transformation Officer](#)]. <...> Валерий Николаевич [Фальков, глава Минобрнауки], прошу Вас тоже поддержать это и ввести такие должности на уровне проректоров [по цифровизации] в каждом вузе. Давайте это оформим в виде поручения, поскольку это наш «цифровой спецназ», – сказал вице-премьер РФ Дмитрий ЧЕРНЫШЕНКО.

«Алексей Иванович Боровков вступил в новую должность, имея за плечами огромный опыт, связанный с созданием и применением цифровых технологий и платформенных решений, с цифровой трансформацией высокотехнологичных предприятий. На протяжении десяти лет Алексей Иванович занимал должность проректора по перспективным проектам нашего университета. За это время Политехнический университет неоднократно становился победителем многих федеральных программ и проектов. На сегодняшний день созданы и активно осуществляют свою деятельность: Научный центр мирового уровня «Передовые цифровые технологии» ([2020 год](#)), Центр компетенций НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии» ([2017 год](#)), Институт передовых производственных технологий (ИППТ, 2015 год), Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» СПбПУ ([2013 год](#)). Все эти структурные подразделения связаны с цифровой трансформацией основных видов деятельности нашего университета. В этих структурах ведется специализированная подготовка «инженерного спецназа», предназначенного для решения сложных наукоемких мультидисциплинарных промышленных задач с помощью передовых цифровых технологий и платформенных решений, разработаны концепции и модели «Университет 4.0», формирования цифровой промышленности, создана и продолжает интенсивно развиваться цифровая платформа разработки и применения цифровых двойников. Уверен, деятельность Алексея Ивановича в новой должности повысит результативность и эффективность работы университета и поддержит процесс цифровой трансформации высшего образования», – отметил ректор СПбПУ академик РАН Андрей РУДСКОЙ.

Интервью с А.И. Боровковым

- Алексей Иванович, вы уже долгое время являетесь главным идеологом применения в промышленности технологии цифровых двойников и платформенных решений. Как в СПбПУ до официального введения должности проректора по цифровой трансформации реализовывалось это направление?

- Действительно, в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого системная работа в области цифровой трансформации научно-образовательных, научно-исследовательских и инновационных процессов фактически ведется уже больше 30 лет. Это направление начало развиваться еще с 1987 года – со времени организации Учебно-научной и инновационной лаборатории (УНИЛ) «Вычислительная механика» (CompMechLab®) на кафедре «Механика и процессы управления» физико-механического факультета тогда еще Ленинградского политехнического института. Это была первая в Советском Союзе лаборатория, развивавшая принципиально новое направление вычислительной механики и компьютерного инжиниринга, с фокусировкой на решении реальных задач промышленности.

Затем на базе УНИЛ при участии инжиниринговой spin-out компании СПбПУ, национального чемпиона – [ООО «Лаборатория «Вычислительная механика» \(CompMechLab®\)](#) и малого инновационного предприятия, бизнес-газели – ООО «Политех-Инжиниринг» был создан [Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» СПбПУ](#), который в 2013 году стал победителем конкурсного отбора Минпромторга и Минобрнауки России среди инжиниринговых центров на базе ведущих университетов. Инжиниринговый центр СПбПУ стал и продолжает оставаться одним из лучших в России, регулярно выполняет наукоемкие НИОКР по заказам ведущих отечественных и зарубежных предприятий из различных высокотехнологичных отраслей: автомобилестроение, авиастроение, двигателестроение, машиностроение, судостроение и кораблестроение, ракетно-космическая техника, приборостроение и так далее. За эти годы мы приобрели уникальный опыт эффективного взаимодействия с промышленностью, решения реальных высокотехнологичных промышленных задач.

Далее, в 2014 году наш Политехнический университет выступил инициатором формирования нового научно-технологического направления в России – новые производственные технологии (цифровое проектирование и моделирование, суперкомпьютерный инжиниринг, новые материалы, аддитивные технологии, промышленный интернет, большие данные, искусственный интеллект и др.), а в 2015 году – направления «Технет» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы, предложив современную концепцию «Цифровые & Умные & Виртуальные фабрики». На основе этой концепции в 2016 году стартовал мегапроект «Фабрики Будущего», в реализации которого теперь принимают участие десятки высокотехнологичных предприятий России. Понятно, что все это время в университете интенсивно развивались актуальные вопросы разработки и применения передовых производственных технологий, которые соответствовали бы мировому уровню, позволяли бы нам быть глобально конкурентоспособными, находиться, как мы говорим, на мировом технологическом фронтире.



Накопленный опыт, естественно, привел нас к необходимости масштабировать нашу деятельность, прежде всего – транслировать постоянно растущие компетенции новым специалистам, готовить системных инженеров нового поколения. И в 2015 году на базе Инжинирингового центра, который уже тогда стал национальным лидером в сфере высокотехнологичных разработок на основе цифрового проектирования и моделирования, компьютерного и суперкомпьютерного инжиниринга, в СПбПУ был создан [Институт передовых производственных технологий](#) (ИППТ) – как институт-лидер в области развития и применения передовых производственных технологий, сфокусированный на подготовке глобально конкурентоспособных специалистов, инженерного «спецназа», обладающего компетенциями мирового уровня. Институт принципиально нацелен на практическую ориентацию обучения и участие студентов в выполнении реальных НИОКР по заказам высокотехнологичной промышленности на старших курсах.

Таким образом, в СПбПУ годами формировалась особая экосистема инноваций, которая была готова естественным образом гармонично встроиться в процессы формирования «цифровой промышленности» и шире – «цифровой экономики». Существенное развитие эта экосистема получила в последние несколько лет – с запуском соответствующих стратегических государственных программ, в реализации которых наш университет играет значительную роль. Прежде всего, это Национальная технологическая

инициатива (НТИ), Стратегия научно-технического развития Российской Федерации (СНТР) и национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации».

В 2018 году по итогам Всероссийского конкурса на основе ИППТ в СПбПУ был создан [Центр компетенций НТИ «Новые производственные технологии»](#), одно из ключевых направлений деятельности которого – цифровое проектирование и моделирование, в первую очередь, разработка и применение платформенных решений и технологии цифровых двойников (Digital Twin) как технологии-драйвера, технологии – интегратора сквозных цифровых технологий.

На сегодняшний день Центр НТИ СПбПУ сформировал один из мощнейших в России консорциумов, который объединяет лидеров науки, образования и промышленности в различных высокотехнологичных отраслях и по состоянию на март 2021 года насчитывает 83 участника и более 25 компаний-партнеров, включая 7 крупнейших госкорпораций и холдингов («Росатом», «Ростех», ОДК, ОАК, «Вертолеты России», ОСК, РЖД), 18 ведущих университетов, 4 крупнейшие научные организации и других.

Эта экосистема инноваций СПбПУ демонстрирует свою эффективность и, естественно, продолжает развиваться, что происходит теперь и в некоторых других университетах, поэтому появление должности проректора по цифровой трансформации в университетах России закономерно, а в Петербургском Политехе, по сути, просто зафиксировало уже сложившуюся практику.

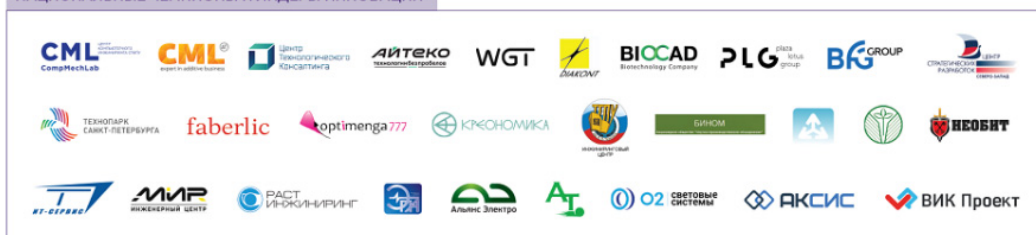
ЛИДЕРЫ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



ЛИДЕРЫ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ



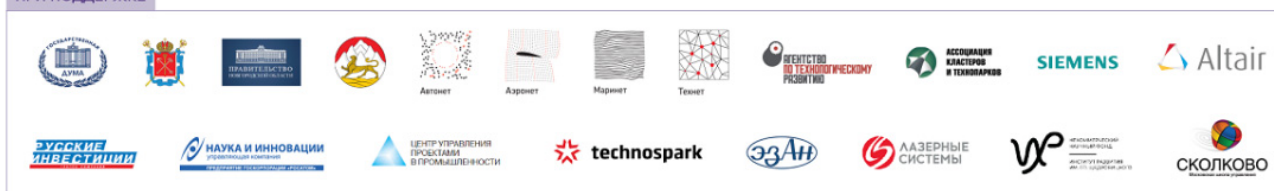
НАЦИОНАЛЬНЫЕ ЧЕМПИОНЫ И ЛИДЕРЫ ИННОВАЦИЙ



ЗАРУБЕЖНЫЙ ПАРТНЕР



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



- А как вы определяете «цифровую трансформацию»? Существует множество трактовок этого термина (IT, цифровые технологии, цифровые платформы и т. д.) – какого определения придерживаются в СПбПУ?

- Несмотря на то что содержательные разговоры о цифровой трансформации ведутся очень давно, единства в понимании этого процесса – а это именно процесс – нет по одной простой причине: даже ведущие российские высокотехнологичные компании находятся на разном уровне развития с точки зрения готовности быть частью цифровой промышленности. К счастью, сегодня уже никому не нужно объяснять, что цифровая трансформация компании – это не понятный всем электронный документооборот, не переход от ведения бухгалтерии в Excel к внедрению программной системы 1С, хотя, конечно, прозрачность и прослеживаемость основных бизнес-процессов любой организации, включая университеты, чрезвычайно важны и являются необходимым условием для устойчивого развития.

Этот уровень давно пройден и не дает сегодня конкурентных преимуществ. Вычислительные мощности, программное обеспечение, инфраструктура – все это важные сопутствующие условия осуществления цифровой трансформации, но не она сама.

Цифровая экономика – это экономика больших данных, однако важно избежать ситуации, при которой 90% данных оказываются «мусорными», обладают низким уровнем содержательной информации. «Цифра» – не самоцель. Это среда («цифровой мир») и инструменты (цифровые технологии, цифровые платформы и т. д.). Безусловно, важен результат, которого добивается организация, используя эти данные. Причем не просто данные, а «умные» данные (Smart Big Data), которые специальным образом генерируются, обрабатываются, хранятся, защищаются и применяются, в первую очередь, регулярно формируется визуальная аналитика как основа для принятия управленческих решений. Именно с этого угла зрения можно увидеть все проблемное поле «цифровой трансформации».

Во-первых, чтобы понимать, как действовать в новых условиях, необходимо по-новому мыслить. Традиционные подходы зачастую не способны отвечать на вызовы четвертой промышленной революции, которая, хотим мы этого или нет, уже наступила, а ключевой особенностью каждой промышленной революции является новая технология мышления. Для организационного оформления новой технологии мышления и деятельности (мыследеятельности) необходимы новые инструменты. В качестве таких новых инструментов сегодня выступают передовые цифровые технологии и цифровые платформы. Итак, кто иначе мыслит, тот иначе действует.

Во-вторых, иначе действовать нужно уметь. Поэтому нужно говорить о новых компетенциях, знаниях и навыках, необходимых для успешной работы в условиях новой реальности, в условиях неопределенности и в условиях стремительного развития технологий. В этом случае мы говорим о подготовке системных инженеров, обладающих компетенциями мирового уровня – «инженерном спецназе». Эти инженеры должны быть готовы отвечать на актуальные проблемы-вызовы, решать «нерешаемые задачи», которые с каждым годом становятся всё сложнее и сложнее, а времени, как правило, для их решения отводится всё меньше. И, конечно же, мы понимаем, эти системные инженеры будут иметь дело со сложными техническими или киберфизическими системами на всех стадиях жизненного цикла, от разработки до эксплуатации.

В-третьих, речь идет о комплексировании и развитии передовых цифровых технологий, разработке цифровых платформ. Именно на этом этапе сейчас формируются ключевые конкурентные преимущества, потому что, как правило, отдельные передовые технологии известны и доступны, но эффективно комбинировать, комплексировать их с целью получения новых решений для новых задач способны немногие.

В-четвертых, все это неизбежно влечет изменение бизнес-моделей. В нашем случае речь идет о реализации модели «Университет 4.0», которая предполагает учет глобальных трендов, своевременное формирование федеральной повестки и технологических фронтиров на основе максимальной интеграции науки, образования и высокотехнологичной промышленности. Так, например, в части изменения бизнес-моделей в промышленности мы активно участвуем в процессах цифровой

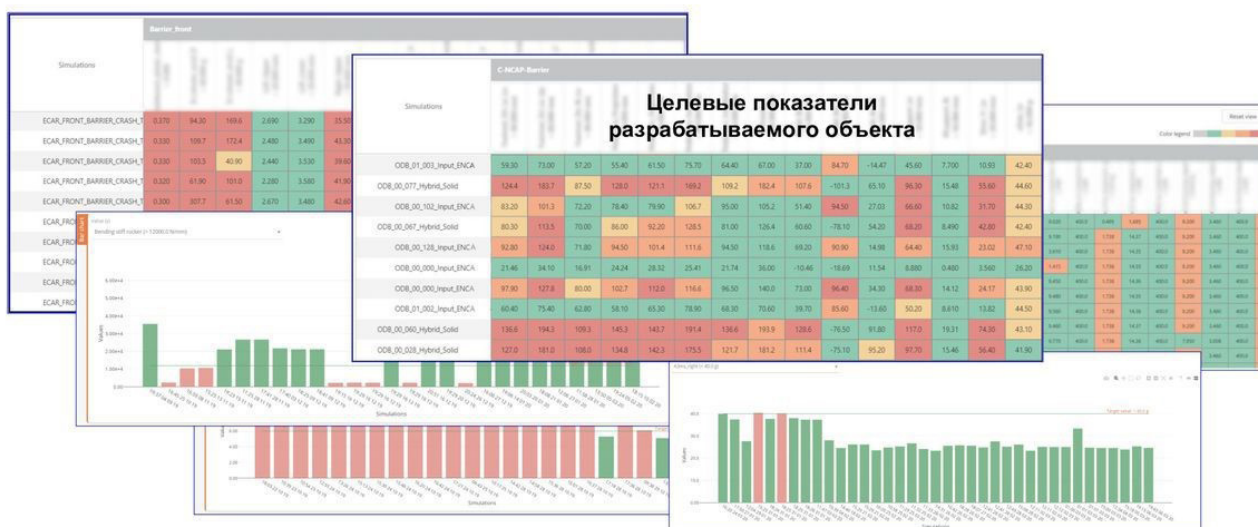
В-пятых, результатом цифровой трансформации должны становиться, разумеется, реальные глобально конкурентоспособные высокотехнологичные продукты и технологии управления ими на всех стадиях жизненного цикла.

Наконец, в-шестых, конкуренция уже сейчас ведется не на уровне развития отдельных технологий, компаний, направлений, отраслей или рынков, даже не на уровне цифровых платформ, а на уровне экосистем, формируемых на основе цифровых платформ и включающих в себя необходимые и достаточные для самоорганизации, саморегулирования и саморазвития ресурсы, компетенции, технологии, инфраструктуру и эффективные проектные консорциумы всех уровней – от распределенных смешанных проектных команд до государственно-частных партнерств и международного сотрудничества.

Таким образом, залог успеха и конкурентоспособности сегодня – в умении оперативно собирать из отдельных научных групп и центров компетенций с участием индустриальных партнеров эффективные консорциумы, способные создать лучший в мире по техническим и потребительским характеристикам продукт, причем, создавать, как правило (это веление времени), быстрее и дешевле конкурентов. А что для этого нужно? Новый образ мышления, новая организация деятельности, кадры с компетенциями мирового уровня, передовые цифровые технологии и цифровые платформы, новые бизнес-модели и экосистема инноваций с потенциалом саморазвития, способная обеспечивать конвергенцию и генерировать синергетические эффекты, чтобы создавать и выводить на высокотехнологичные рынки глобально конкурентоспособные продукты.



Непрерывный мониторинг более 100 000 взаимосвязанных целевых показателей в Цифровой платформе CML-Bench™



Более 100 достигнутых целевых показателей в неделю

- В деятельности Центра НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии» и в своих многочисленных лекциях одним из ключевых направлений развития Вы называете разработку и применение платформенных решений и технологии цифровых двойников. Почему именно они? В чем их принципиальное значение в процессе цифровой трансформации?

- Основной тренд четвертой промышленной революции – конвергенция, сближение, взаимное проникновение трех миров: материального (физического), виртуального (цифрового) и живого (биологического). На пересечении материального и цифрового миров цифровой двойник становится технологией-интегратором других сквозных технологий, точнее, субтехнологий: цифрового проектирования и моделирования, компьютерного и суперкомпьютерного инжиниринга, управления требованиями, изменениями и конфигурацией изделия на всех этапах жизненного цикла (Smart Design), промышленного интернета, Smart Big Data, искусственного интеллекта, дополненной и виртуальной реальности, робототехники, аддитивных технологий и множества других.

Отличие цифровой промышленности от традиционного производства состоит в том, что добавленная стоимость на протяжении жизненного цикла продукта (разработка – производство – эксплуатация, включая сервисное обслуживание) смещена влево, на этап разработки. На этапе производства сложно иметь какие-то конкурентные преимущества, потому что ведущие мировые компании уже имеют современное высокотехнологичное оборудование и уже давно реализовали концепции бережливого производства, цифрового производства, наконец, интеллектуального производства. Понятно, что в этом направлении все развиваются. Но как будет произведен продукт и каким он станет, какие датчики, куда и зачем ставить, какие данные считывать и обрабатывать, какие режимы будущей эксплуатации станут критичными, как изделие будет обслуживаться – вообще всё, что можно знать об изделии от идеи до утилизации, – закладывается и моделируется на этапе разработки, соответственно, именно там и концентрируются основные конкурентные преимущества, выраженные через потребительские, технические и эксплуатационные характеристики.

Следуя лидерам высокотехнологичной промышленности, можно считать, что текущий этап в развитии промышленности можно назвать эпохой «Индустриального Ренессанса», которая представляет собой нечто большее, чем просто «Индустрия 4.0», и ключевую роль на этом этапе формирования и развития цифровой промышленности играет технология разработки и применения цифровых двойников.

Цифровой двойник знает об изделии всё – от проектных решений до особенностей производства и эксплуатации, способен «обучаться»,

сопровождая реальное изделие на всех стадиях жизненного цикла («умный» цифровой двойник). И если говорить о научно-образовательных, и инновационных задачах нашего университета, особенно, в части взаимодействия с высокотехнологичной промышленностью, цифровой двойник – как раз тот инструмент, с помощью которого можно отработать все элементы цифровой трансформации, потому что тут всё: компетенции, технологии, проектная коллаборация в рамках новых бизнес-процессов и, конечно, продукт нового поколения.

Digital Twin – это комплексная технология, новый процесс проектирования, в основе которого лежит разработка и применение семейства сложных мультидисциплинарных математических моделей, описываемых нестационарными нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных, с высоким уровнем адекватности поведению в различных условиях эксплуатации реальных материалов, систем, машин, конструкций и так далее, а также разнообразным технологическим процессам, с помощью которых создаются реальные материалы и реальные изделия и продукты.

Процесс разработки цифрового двойника интегрирует ряд ключевых компонентов, в их числе: best-in-class (лучшие в классе) технологии мирового уровня; модели-ориентированный системный инжиниринг (Model Based System Engineering) – междисциплинарный, межотраслевой подход, используемый для разработки и применения сложных инновационных изделий и систем на основе математических моделей разного уровня (от 1D до 3D и 4D-моделей); математические, компьютерные и цифровые модели, обладающие высоким уровнем адекватности реальным материалам, физическим и технологическим процессам; многоуровневая матрица требований, целевых показателей и ресурсных ограничений; наконец, виртуальные испытания, виртуальные стенды и виртуальные полигоны.

В процессе разработки полномасштабного цифрового двойника сложных объектов необходимо выполнить, как правило, тысячи или десятки тысяч виртуальных испытаний материалов, деталей, узлов, компонентов, подсистем и систем. Целью выполнения огромного числа виртуальных испытаний является получение сбалансированной матрицы требований и целевых показателей, которые изначально противоречат друг другу и конфликтуют между собой. Хороший и понятный для всех символ сбалансированной матрицы и цифрового двойника в целом – собранный кубик Рубика.

Это и есть новая парадигма проектирования, с полностью прозрачным и задокументированным цифровым процессом разработки, обоснованными проектными решениями, при этом со значительным сокращением коммуникационных и транзакционных издержек. Особенно важно, что процесс проектирования, как правило, одновременно происходит по нескольким траекториям проектирования, причем – без увеличения продолжительности и стоимости проекта. В этом и состоит цифровая трансформация процесса разработки. Из всего многообразия лишь несколько

траекторий приводят нас к результатам, удовлетворяющим требованиям технического задания. И здесь мы приходим к цифровой трансформации бизнес-модели: одно из полученных решений мы выводим на рынок, а еще несколько оставляем в «запасе», формируем тем самым «гарантированное зарезервированное развитие». Вот что дает новая цифровая промышленность и, в первую очередь, технология разработки и применения цифровых двойников.

Что же касается цифровых платформ, их создание необходимо, в частности, для объединения базы знаний и решений. Цифровые платформы капитализируют знания, поэтому, в частности, так важна «оцифровка» огромного опыта прошлого, в первую очередь, натурных экспериментов – разработка цифровых двойников сложной техники, создание виртуальных испытательных стендов и полигонов. Фактически, мы должны «встать на плечи гигантов», оцифровав их многолетний бесценный опыт – разработать полномасштабные математические модели исследуемых явлений: прочностных, вибрационных, ударных, аэродинамических – например, дозвуковых, сверхзвуковых и гиперзвуковых течений и т.д. Выбрать во всем многообразии физических и натурных экспериментов прошлого базовые – в качестве основы для формирования валидационного базиса, которые необходимы для успешного решения актуальных задач, и перейти к интенсивному формированию и применению триады: виртуальных испытаний, виртуальных стендов и виртуальных полигонов с целью разработки цифровых двойников материалов, конструкций и процессов (физических и технологических).

- Приведите, пожалуйста, примеры того, как это всё работает в реальных кейсах СПбПУ.

- Уже несколько лет в Инжиниринговом центре СПбПУ разрабатывается собственная (пока единственная в своем роде в России) Цифровая платформа CML-Bench™ – цифровая платформа разработки и применения цифровых двойников изделий и производственных процессов их изготовления, система управления распределенной деятельностью сотен инженеров в области цифрового проектирования, математического моделирования и компьютерного инжиниринга. Базовый вариант платформы уже в 2017 году был удостоен Национальной промышленной премии Российской Федерации «Индустрия» – это очень престижная профессиональная премия, своеобразный промышленный «Оскар». В 2018–2020 годах платформа интенсивно развивалась в рамках программы развития Центра НТИ СПбПУ. За три года ее применения выполнено более 100 наукоемких высокотехнологичных НИОКР в интересах десятков компаний и госкорпораций из разных отраслей промышленности.

Как это работает в части цифровой трансформации и адаптации бизнес-процессов, легко продемонстрировать на актуальном примере ответа Инжинирингового центра на вызовы пандемии COVID-19. Цифровая платформа CML-Bench™ обладает всеми необходимыми функциональными возможностями для быстрого формирования распределенных проектных

команд, содержит все проектные данные, защищенный удаленный доступ к которым имеет каждый вовлеченный в проект инженер, включая инженеров наших промышленных партнеров, в режиме 24/7. По статистике, за период работы в удаленном формате специалисты Инжинирингового центра ежедневно проводили в среднем около 30 рабочих онлайн-совещаний и более 160 виртуальных испытаний. С марта 2020 года по март 2021 года включительно 300 инженеров ИЦ были заняты в более чем 40 проектах, за 23 млн ядро-часов работы высокопроизводительных вычислительных систем было сгенерировано около 167 Тб содержательных данных (Smart Big Data), реализовано около 6000 проектных решений. Этот переход на удаленный распределенный формат был осуществлен за считанные дни, без снижения темпов работы и без малейшего ущерба для качества разработок.



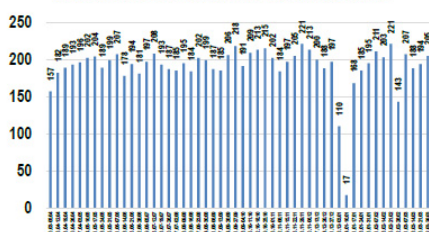
Исключительные права на текстовые и графические материалы принадлежат ФГБОУ ВО «СПбПУ». Любое использование текстовых и графических материалов без разрешения ФГБОУ ВО «СПбПУ» запрещено. По вопросу получения разрешения на использование текстовых и графических материалов необходимо обращаться в Центр компетенций ИТЦ СПбПУ «Новые производственные технологии» (info@icet.spu.ru).



Технет – цифровая фабрика. (Digital Twin-Driven Smart Design)-парадигма.

Статистика работы команды ИЦ CompMechLab СПбПУ за 52 недели (30.03.2020–28.03.2021) в условиях самоизоляции (распределенный удаленный режим работы)

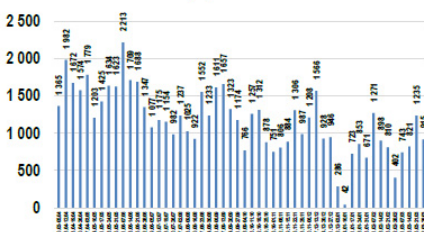
Количество совещаний в онлайн-формате



9 899 рабочих совещаний-обсуждений в онлайн-формате, включая рабочие совещания с нашими заказчиками-партнерами, то есть «в среднем» – **27+** онлайн-совещаний в сутки, **1+** онлайн-совещание каждый час

40+ проектов из **10** высокотехнологических отраслей промышленности – одновременная совместная работа **~ 300** инженеров и специалистов

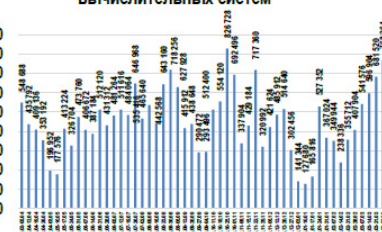
Количество виртуальных испытаний



60 601 виртуальное испытание на десятках специализированных виртуальных стендах и виртуальных полигонах, «в среднем» – **167** виртуальных испытаний в сутки, **~ 7** виртуальных испытаний каждый час

~ 6 000 проектных решений на основе виртуальных испытаний **Brainware**: на цифровой платформе представлено **~ 237 000** решений

Ядро-часы работы высокопроизводительных вычислительных систем



23 452 912 ядро-часов работы высокопроизводительных вычислительных систем для решения наукоёмких мультидисциплинарных задач, то есть «в среднем» **~ 64 400** ядро-часов / сутки, каждый час «в среднем» работают **~ 2 600** ядер

~ 167 Тб содержательной информации сгенерировано, то есть в процессе наукоёмкой инженерной деятельности мы генерируем **~ 0,5 Тб Smart Big Data / сутки**

Цифровая платформа CML-Bench™ разработки и применения цифровых двойников

Если же говорить о том, как в СПбПУ разрабатываются и применяются передовые производственные технологии, можно назвать множество примеров реализации сложнейших высокотехнологических проектов, среди которых будут и широко известные разработки, в том числе государственного масштаба.

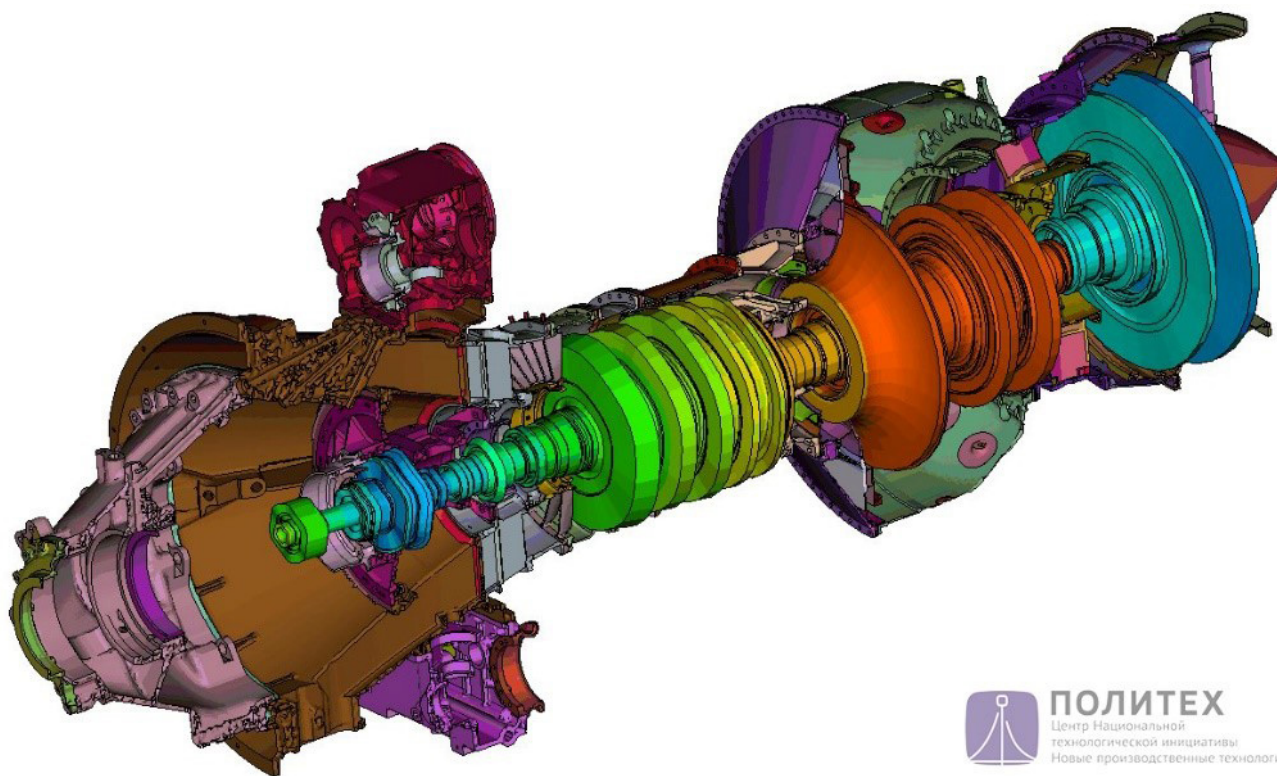
Самым заметным примером применения технологии цифровых двойников стал проект «Единая модульная платформа» (ЕМП, «Кортеж»), по результатам которого в кратчайшие сроки было разработано семейство представительских автомобилей Augus для первых лиц государства: лимузин, седан, внедорожник и микроавтобус. Головным исполнителем проекта выступало ФГУП «НАМИ», а сферой нашей ответственности была разработка кузовов. Приведу только одну показательную цифру: матрица требований,

целевых показателей и ресурсных ограничений – главный атрибут цифрового двойника, отражающий то, как взаимодействуют между собой различные характеристики проектных решений, – суммарно насчитывала 125 тысяч позиций. Решить подобную задачу в рекордные для отрасли сроки было бы просто невозможно без разработанных и эффективно примененных технологий.

У проекта было огромное число скептиков, до начала разработок практически вся автомобильная промышленность утверждала, что реализовать проект в установленные сроки невозможно. Однако в мае 2018 года президент страны прибыл на инаугурацию на отечественном автомобиле премиум-класса, который по целому ряду характеристик превосходит лучшие мировые аналоги. Сегодня гараж особого назначения укомплектован всеми моделями семейства Aurus, первые лица государства активно используют эти машины, а в Елабуге уже [стартовало серийное производство](#) седанов Aurus Senat для частных заказчиков.

Как я уже говорил, можно привести примеры участия СПбПУ в системной работе по цифровой трансформации различных отраслей отечественной промышленности. Так, в декабре 2018 года была утверждена дорожная карта сотрудничества с Объединенной двигателестроительной корпорацией (ОДК), и, подписывая этот документ, Юрий Николаевич Шмотин, заместитель генерального директора, генеральный конструктор ОДК, [подчеркнул](#), что речь идет о стратегическом партнерстве, которое позволит ускорить цифровую трансформацию корпорации в сфере исследований и разработки двигателей.

У нас развивается действительно масштабное, разностороннее взаимодействие с предприятиями ОДК, реализуется множество совместных мероприятий и, конечно, реальных промышленных проектов. Одним из них стал очень важный [проект по снижению массы двигателя ТВ7-117СТ-01](#) на основе технологии разработки цифрового двойника по заказу «ОДК-Климов». Основной задачей проекта стала оцифровка всего опыта предприятия по разработке двигателей данного класса, анализ всех расчетных обоснований, конструкторской документации, результатов испытаний и так далее – и цифровая интерпретация этого опыта в рамках новой парадигмы проектирования с применением Цифровой платформы CML-Bench™. По итогам реализации этого проекта были разработаны виртуальные испытательные стенды и виртуальный полигон двигателя, произведена поддетальная оптимизация с почти двукратным снижением массы некоторых деталей при полном соответствии всем прочим целевым значениям контролируемых характеристик изделия. Это уникальный прецедент в отрасли, который послужил основой для [развития сотрудничества с ОДК](#). Необходимо отметить, что все предложенные в работах изменения конструкции двигателя по результатам виртуальных испытаний не оказали влияния на безопасность эксплуатации двигателя и на текущий момент находятся в конструкторской проработке с планами по внедрению после 2022 года.



Похожий пример можно привести и из другой отрасли: совсем недавно, в феврале этого года, была подписана рассчитанная на три года дорожная карта по развитию сотрудничества с АО «ТВЭЛ» – управляющей компанией топливного дивизиона Госкорпорации «Росатом». Этот документ предполагает работу по целому ряду научно-технологических и научно-образовательных направлений, связанных с цифровыми технологиями, цифровым инжинирингом, платформенными решениями.

С Росатомом у нас давнее и очень продуктивное сотрудничество. Госкорпорация является участником консорциума Центра НТИ СПбПУ, эксперты Росатома принимали самое активное участие в разработке дорожной карты по развитию «сквозной» цифровой технологии – «Новые производственные технологии». По нескольким направлениям нашим университетом разрабатывается почти два десятка реальных высокотехнологичных проектов в интересах Топливной компании «ТВЭЛ», НПО «Центротех», «Центротех-Инжиниринг», Института реакторных материалов и НИИ атомных реакторов, Института проблем безопасного развития атомной энергетики РАН и других организаций.

Естественным шагом стало взаимодействие в области подготовки кадров: с сентября этого года на базе Института передовых производственных технологий СПбПУ стартует совместная магистерская программа для подготовки специалистов в области цифрового инжиниринга для решения задач ТК «ТВЭЛ». Вся эта большая работа – часть процесса цифровой трансформации Госкорпорации и отрасли в целом и, конечно, научно-

образовательного и инновационного процессов в Политехническом университете.

В качестве показательного примера эффекта этой трансформации можно привести реализацию совместного проекта с НПО «Центротех» (входит в состав ТК «ТВЭЛ» ГК «Росатом») по разработке цифрового двойника вибросита для системы очистки бурового раствора. В корпоративном издании «Страна Росатом» есть [рассказ](#) об этом президента компании «ТВЭЛ» Натальи Никипеловой: «Основной элемент этой конструкции – вибросито, но при его ускорении до 7 g (целевое значение в ТЗ) конструкция разрушалась. Фиаско постигло и другие опытные образцы, на испытания которых ушел еще год». Эти разработки ТК «ТВЭЛ» вел в 2014–2017 годах. Наконец, в 2018 году к решению проблемы были привлечены специалисты Центра НТИ СПбПУ.

Задача была решена менее чем за полгода. Был разработан полный цифровой двойник исходной конструкции и виртуальные испытательные полигоны. Затем была сформирована многоуровневая матрица требований, целевых показателей и ресурсных ограничений. За два месяца на Цифровой платформе CML-Bench™ было сгенерировано более 300 (!) вариантов конструкции. В результате были получены множества решений, удовлетворявшие требованиям технического задания (уровень средних виброускорений – 7 g) и даже его превосходившие. Решения были сформированы под конкретное заданное производство и под заданную стоимость. Заказчиком был выбран вариант работы установки на 8,8 g. За месяц была проведена «материализация» цифрового двойника – было изготовлено изделие, превосходящее конкурентные конструкции по всем основным характеристикам, затем это изделие прошло межведомственные испытания и было выпущено на рынок.

- Какие задачи, направления деятельности будут приоритетными для Вас в новой должности и для профильных структурных подразделений университета? Каким вы видите СПбПУ через 5 лет – по результатам цифровой трансформации вуза?

- Очень важно, оставаясь на технологическом фронтире, улавливать ключевые мировые тренды развития технологий, бизнес-моделей, цифровой экономики в целом. И уметь адекватно реагировать на все вызовы новой промышленной революции и новой экономической реальности.

В частности, одним из глобальных трендов в настоящее время является развитие электрического транспорта. В Европе продажи электромобилей уже превышают продажи автомобилей с дизельными двигателями, мировые лидеры автопрома объявляют о постепенном отказе от двигателей внутреннего сгорания, во многих странах поддержка электромобильности стала приоритетом государственной стратегии. И если раньше электромобиль казался скорее дорогой игрушкой для богатых, то сегодня развитие технологий совершенно меняет ситуацию: время зарядки батарей сокращается, запас хода увеличивается, стоимость производства снижается,

автомобильные гиганты устроили «гонку анонсов» новых электромобилей, наконец, самым продаваемым автомобилем в Китае в 2020 году стал электромобиль.

Это огромный перспективный рынок, и сейчас в России есть уникальная возможность создать необходимые условия для будущего лидерства на нем, в первую очередь – технологического лидерства. Петербургский Политех отреагировал на этот вызов – нами был успешно реализован теперь уже всем, думаю, известный проект по разработке малогабаритного городского электромобиля, получившего рабочее название «[КАМА-1](#)». Проект «Создание «умного» цифрового двойника и экспериментального образца малогабаритного городского электромобиля с системой ADAS 3-4 уровня» реализован в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» Минобрнауки России, индустриальным партнером стал «КАМАЗ».

Это по многим аспектам уникальный проект, в котором многое было сделано впервые. Впервые автомобиль был не только разработан, но и подготовлен к серийному производству не промышленным предприятием, а университетом – СПбПУ. Впервые в отрасли техническое задание было сформулировано через технологию разработки цифрового двойника. Впервые электромобиль был разработан без ДВС-предшественника, причем всего за два года и с бюджетом, на порядок ниже финансовых затрат на аналогичные проекты в России и в мире. Впервые в России был разработан готовый к серии компактный электромобиль с best-in-class пользовательскими характеристиками.

Электромобиль «**КАМА-1**» разработан на основе нескольких наших собственных CML-платформенных решений:

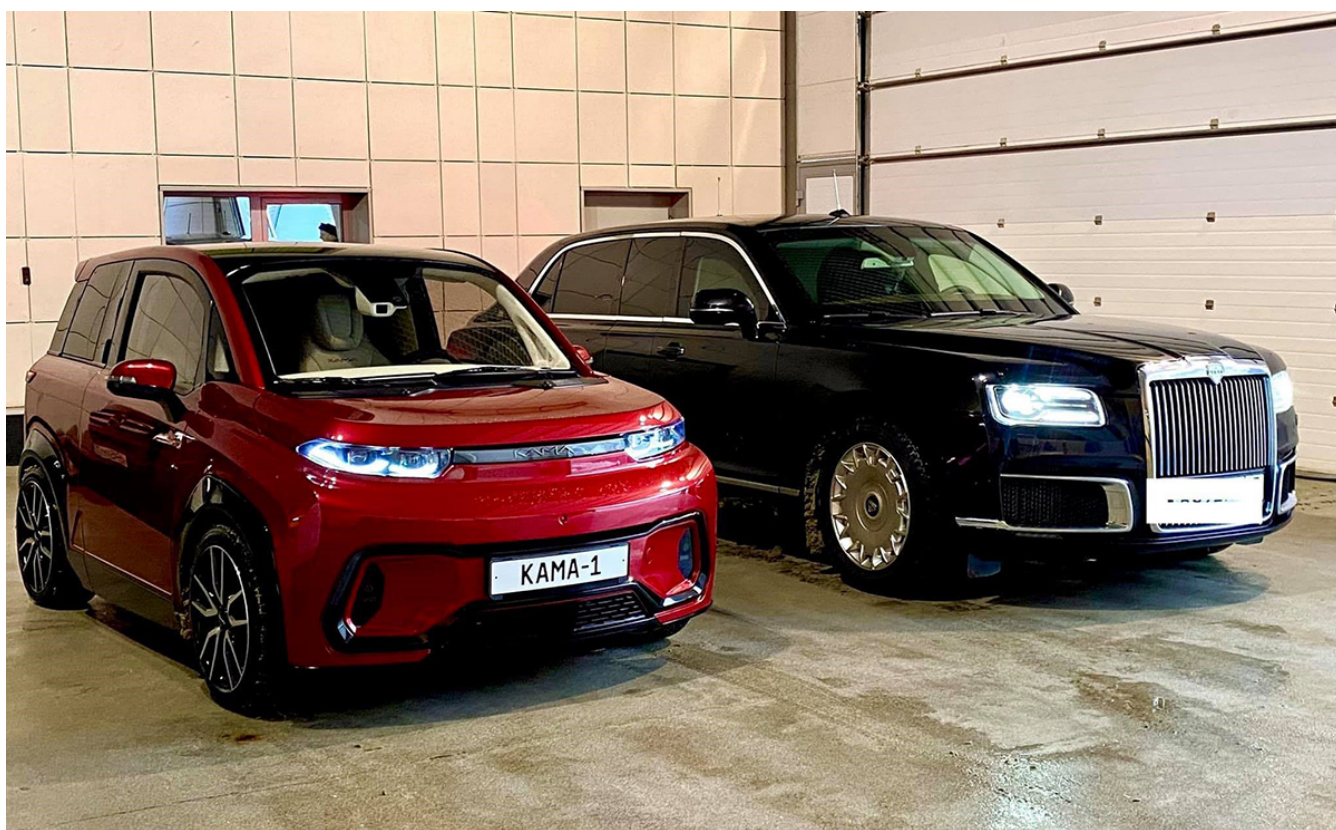
– **CML-Bench™** – цифровая платформа разработки и применения цифровых двойников, о которой я уже рассказывал;

– **CML-CAR™** – платформа-демонстратор кросс-рыночных и кросс-отраслевых «сквозных» цифровых и передовых производственных технологий; разработка ведется с 2006 года для автотранспорта, с 2017 года – для электротранспорта,

– **CML-EV™** – универсальная модульная платформа развития модельного ряда электротранспорта под различные запросы потребителей; платформа развивается с 2018 года и обеспечивает одновременную разработку целой линейки электротранспорта, соответствующего международным требованиям сертификации.

В своей речи в связи с презентацией «КАМА-1» ректор нашего университета Андрей Иванович Рудской [сказал](#), что дальнейшее развитие электродвижения и электромобильности в России позволит подтвердить статус страны как одного из мировых лидеров в области передовых

производственных технологий. Я абсолютно согласен с этим утверждением и полагаю, что имеющийся у нас многолетний опыт работы с ведущими автопроизводителями, а особенно накопленные компетенции и опыт последних лет будут способствовать тому, чтобы уже в самое ближайшее время СПбПУ стал национальным центром компетенций в области развития электротранспорта. У нас сейчас в работе несколько проектов – от компактного электромобиля до городских 18-метровых электробусов. Это направление будет активно развиваться – в том числе и потому, что автомобилестроение на сегодняшний день является драйвером развития передовых цифровых и производственных технологий. Это высококонкурентная отрасль, генерирующая [десятки миллионов](#) сложных высокотехнологичных изделий ежегодно, при этом каждый новый проект становится все более наукоемким, а временных и финансовых ресурсов под разработки выделяется все меньше. Это также стимулирует развитие технологий и внедрение новых бизнес-процессов.



Разумеется, это направление будет далеко не единственным в числе приоритетных. Напомню, что в августе 2020 года по итогам всероссийского конкурса Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого возглавил консорциум Научного центра мирового уровня (НЦМУ) «Передовые цифровые технологии». В консорциум входят также Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, Тюменский государственный университет и НИИ гриппа имени А.А. Смородинцева Минздрава России. Программа НЦМУ как мирового лидера и

национального драйвера формирования и развития цифровой промышленности и цифровой экономики России направлена на обеспечение достижений приоритетов научно-технологического развития РФ по широкому спектру направлений, в первую очередь – на основе передовых цифровых технологий и платформенных решений, интеллектуальных производственных технологий, эффективного применения роботизированных систем, новых материалов, аддитивных технологий, создания и применения систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта.

У нас очень много задач по развитию и применению передовых цифровых технологий в самых разных отраслях: двигателестроении, авиастроении, судостроении и кораблестроении, машиностроении (включая атомное, нефтегазовое, химическое, тяжелое и специальное машиностроение), в области железнодорожного транспорта, в медицине...

В свете эпидемиологической ситуации последнего года особое значение получила совместная разработка специалистов СПбПУ и НИИ гриппа им. А.А. Смородинцева по запросу Минздрава России – разработка математической прогнозной модели распространения COVID-19. С февраля 2020 года исследования велись на системной основе, с привлечением специалистов по математическому и имитационному моделированию, программистов, вирусологов и эпидемиологов, экономистов организаций, входящих в консорциум Центра НТИ СПбПУ и НЦМУ. Нам не известны работы, которые позволяли бы на основе математических моделей регулярно выдавать обоснованные краткосрочные и среднесрочные прогнозы распространения инфекции с высокой степенью точности. Специалисты НЦМУ ежедневно моделировали сразу несколько возможных сценариев – от оптимистичного до негативного – с постоянной верификацией, валидацией и калибровкой моделей в зависимости от разных параметров эпидемического процесса. Такой прогноз формировался для Санкт-Петербурга, Москвы, других регионов России, вплоть до Камчатки – и в течение года служил рабочим инструментом региональным властям, руководителям профильных ведомств, позволяя им принимать те или иные управленческие решения в зависимости от динамики распространения опасной эпидемии. Летом 2020 года разработанная модель вышла за рамки только эпидемиологической, получив развитие в части социально-экономического моделирования. Для развития разработки в проектный консорциум были приглашены ведущие сотрудники экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и Института народнохозяйственного прогнозирования РАН. Эти исследования продолжаются, их результаты активно используются в реализации программы развития НЦМУ «Передовые цифровые технологии».

Повторюсь, цифровые технологии, о которых мы говорим, – «сквозные», то есть применимые в самых разных областях и на всех стадиях жизненного цикла продукции. Очень часто результаты разработок и лучшие решения из одной отрасли «диффундируют» в другую отрасль – происходит кросс-отраслевой трансфер технологий. Поэтому, строго говоря, мы не ограничены ни отдельными отраслями, ни рынками. В числе «неожиданных» сфер

применения разрабатываемых нами технологий и платформенных решений можно назвать, например, экологические или транспортно-логистические проекты, в которых участвуют Центр НТИ и НЦМУ СПбПУ.

Один из них – мегапроект «[Северный морской транзитный коридор](#)», который в 2019 году инициировала Госкорпорация «Росатом» через ООО «Русатом Карго» с целью создания нового предложения на международном рынке транспортно-логистических услуг по доставке грузов между Европой и Азией через Северный морской путь. Для этого предполагается использование передовых цифровых технологий на основе модели-ориентированного системного инжиниринга 2.0 и платформенных сервисов, что позволит оптимизировать затраты, сроки разработки проекта, проектирование и создание судов и контейнеровозов ледового класса, проведение виртуальных и натурных испытаний, в итоге – создать конкурентоспособный продукт на основе бизнес-модели нового типа, включающей в себя цифровую платформу создаваемой экосистемы. Сверхактуальность этого проекта становится понятной на примере [аварии контейнеровоза Ever Given](#), заблокировавшего движение в Суэцком канале, через который ведется 12–15% всей мировой торговли, а по оценкам Lloyd's List, блокировка Суэцкого канала обходилась мировой экономике в 400 миллионов долларов в час.



Еще один мегапроект – «[Цифровой Обь-Иртышский бассейн](#)». Это

федеральный проект, аналогов которому в мире пока нет, по созданию основанной на больших данных системы комплексного управления водными ресурсами крупнейшего в России и третьего по величине в мире – Обь-Иртышского речного бассейна. Единое платформенное решение позволит в оперативном режиме фиксировать нарушения природоохранного законодательства, выявлять и точно определять источники загрязнения, оценивать размер нанесенного ущерба и определять состав мер, направленных на оздоровление водных объектов. К сфере ответственности специалистов СПбПУ относится создание «цифровой тени» (Digital Shadow) речного бассейна, формирование базы данных и базы знаний по динамическому состоянию рек с определением критических зон и создание «умного» цифрового двойника речного бассейна как техноприродного объекта.

Можно с уверенностью утверждать, что работы у нас много. В 2019 году Центр НТИ СПбПУ проводил электронное анкетирование региональных вузов, инновационных предприятий и промышленных корпораций для определения структуры партнерской сети. По результатам этого анкетирования партнерская сеть Центра НТИ СПбПУ включает более 90 организаций-партнеров «первого уровня» (прямое взаимодействие) и более 190 организаций «второго уровня». С 2018 по 2020 годы специалисты Центра совместно с партнерами и участниками консорциума выполнили более 250 НИОКР по актуальным направлениям развития Центра в интересах более 100 высокотехнологичных предприятий.

Это я еще не говорю о других направлениях деятельности, имеющих такое же прямое отношение к осуществлению цифровой трансформации, как и развитие технологий: подготовка специалистов по основным образовательным программам бакалавриата, специалитета и магистратуры; разработка и запуск новых магистерских программ, программ дополнительного профессионального образования, повышения квалификации, переподготовки, открытых онлайн-курсов; проведение разнообразных коммуникационных мероприятий в экспертном сообществе; разработка и реализация дорожных карт как федерального уровня, так и дорожных карт сотрудничества с высокотехнологичными корпорациями и компаниями и... многое другое.

Работы много. Будем работать.

Материал подготовлен Центром НТИ СПбПУ

Дата публикации: 2021.04.07

[>>Перейти к новости](#)

[>>Перейти ко всем новостям](#)