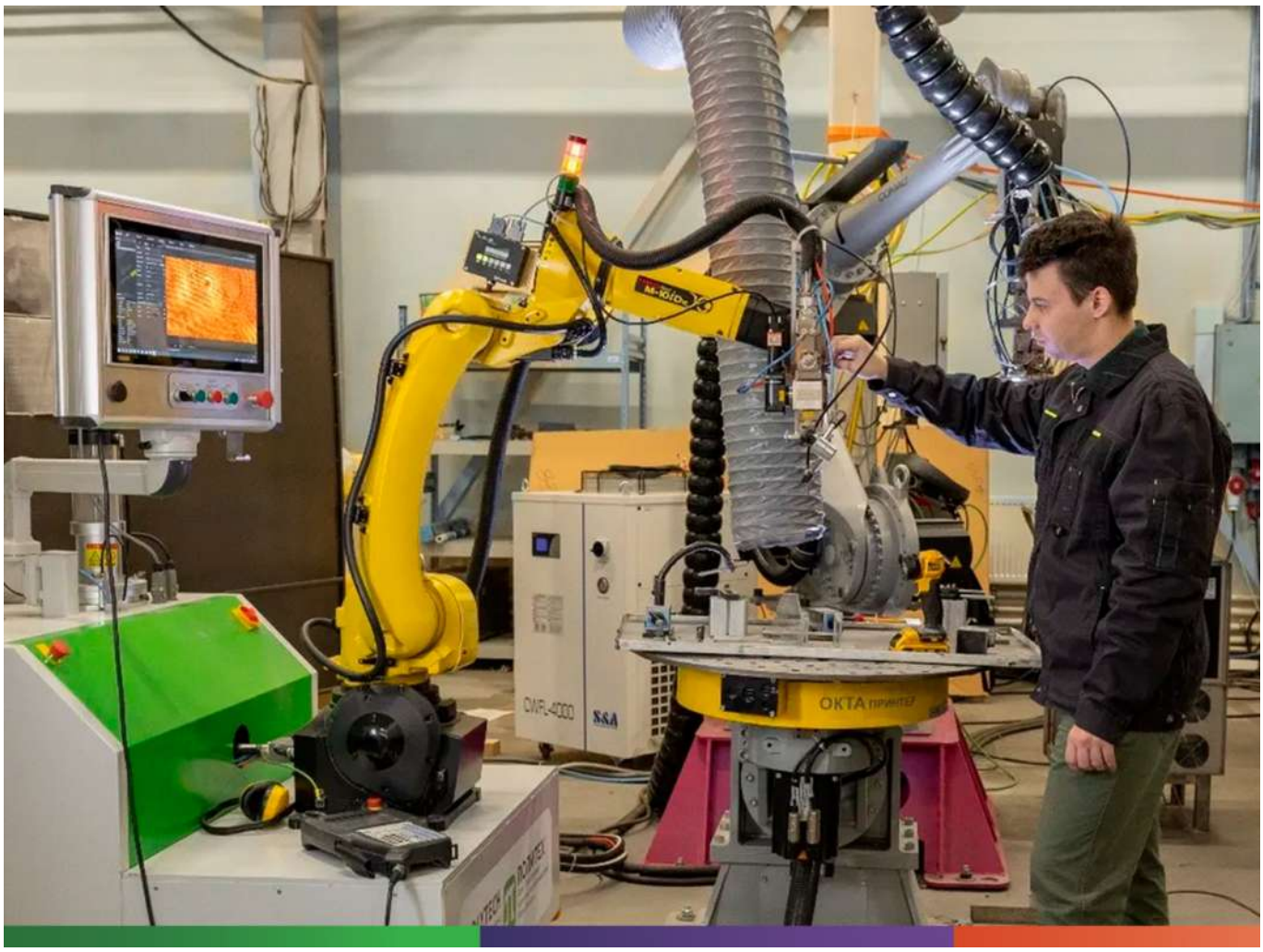
Цифра и металл. Главные конструкторы Петербургского Политеха



Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого — один из ведущих инженерных университетов страны. Здесь работают над цифровым инжинирингом, материаловедением и современными производственными технологиями. На базе университета созданы передовая инженерная школа, инжиниринговые центры, лаборатории, где создаются технологии для авиации, атомной энергетики, газовой отрасли, судостроения и машиностроения. В 2025 году университет утвердил Стратегию развития до 2030 года и сконцентрировал работу на важных научно-технологических направлениях, назначив для каждого главного конструктора.

В этом материале — о трех направлениях, которыми руководят главные конструкторы СПбПУ. Одно — про цифровые двойники, которые снижают объемы длительных и дорогостоящих испытаний и стали стандартом для всей страны. Второе — про аддитивные технологии, которые позволяют печатать детали для газопроводов, когда их неоткуда больше взять. Третье — про сквозное применение ИИ-платформы для межотраслевых задач. Все направления решают конкретные задачи промышленности. Цифровые модели сокращают цикл разработки. Аддитивные технологии позволяют изготавливать и восстанавливать то, что невозможно

купить за рубежом. А применение искусственного интеллекта помогает принимать решения на основе полных данных и просчитывает возможные риски.

Алексей Боровков. Испытания без риска

Директор передовой инженерной школы СПбПУ «Цифровой инжиниринг» Алексей Боровков — главный конструктор по направлению «Системный цифровой инжиниринг». Под его руководством разработан национальный стандарт на цифровые двойники, выполнено более 100 крупных НИОКР для системообразующих предприятий. В числе заказчиков — «Росатом», ОАК, ОДК, «Роскосмос», «Газпром», РЖД, ОСК, ЦАГИ, КАМАЗ, АВТОВАЗ, Федеральный центр беспилотных авиационных систем. С десятками заказчиков из разных отраслей нужен был единый язык. Им стал национальный стандарт.

До появления ГОСТ Р 57700.37–2021 в России не существовало единого определения «цифрового двойника» — каждое предприятие трактовало термин по-своему. Это затрудняло формулировку технических заданий и приемку работ. Стандарт закрепил одиннадцать базовых понятий. В 2023 году он прошел экспертизу и был официально признан в Китае. В 2024 году на его основе специалисты Центрального института авиационного моторостроения разработали предварительный стандарт для цифровых двойников авиационных газотурбинных двигателей.

Эффективную работу по этим правилам обеспечивает платформа CML-Bench® — инструмент для создания и применения цифровых двойников. Она включена в реестр российского ПО, а в 2024 году получила сертификат ФСТЭК, разрешающий обработку данных с грифом «Коммерческая тайна» и «Для служебного пользования».

Один из проектов, реализованных на этой платформе, — цифровой двойник печи остекловывания радиоактивных отходов для ПО «Маяк». Это завершающая стадия обращения с жидкими отходами, образующимися при переработке ядерного топлива. Отходы сплавляют со стеклом, расплав разливают в контейнеры — радионуклиды оказываются надежно связаны в стеклянной матрице. Этот метод используют на всех предприятиях отрасли.

Проблема в том, что натурные испытания такой печи невозможны. Остановить действующую установку, встроенную в технологическую цепочку, нельзя. Провести измерения внутри расплава физически невозможно. Вся доступная информация о поведении конструкции может быть получена только через математическое и компьютерное моделирование.

В СПбПУ разработали мультифизическую модель, объединяющую задачи электродинамики, гидродинамики, тепломассобмена и механики деформируемого твердого тела. Цифровой двойник оценивает ресурс конструкции, позволяет моделировать нештатные режимы и служит основой для проектирования печей следующего поколения.

> *«Главный конструктор на заводе отвечает за изделие на конвейере. Он не может остановить производство ради эксперимента. У нас принципиально другая рамка. Мы работаем на стадии разработки, когда изделия еще нет, и можем рассмотреть сотни проектных вариантов на цифровой платформе. Кроме того, университет способен*

> *выступить с инициативой разработки отраслевых стандартов. ГОСТ по цифровым двойникам родился именно здесь, потому что возможно гармоничное объединение научной строгости определений, передовых цифровых технологий и промышленных задач», — отметил Алексей Боровков.*

Направление «Системный цифровой инжиниринг» объединяет более десяти проектов. Среди них — беспилотник для агроинженерных работ, горелочные устройства для нефтегаза, конструкция перемешивающей решетки для атомной энергетики, дентальные имплантаты и экзопротезы, оборудование для термоядерных реакторов, исследования устойчивости свай в многолетнемёрзлых грунтах. По этому направлению на один рубль бюджетного финансирования университет привлекает около четырех рублей внебюджетных средств.

Через передовую инженерную школу «Цифровой инжиниринг» студенты вовлекаются в реальные проекты. Так, Андрей Лисичко на первых курсах магистратуры участвовал в оптимизации геометрии крыла беспилотника для индустриального партнёра. Результаты моделирования вошли в реальную конструкцию. Сегодня Андрей — лидер инженерной группы, разрабатывает БВС с видеомониторингом и системой сброса груза.

Другой пример — Всеволод Большаков. Переехал из Тюмени в Петербург, поступил в магистратуру, с первого курса присоединился к команде по разработке БПЛА «Снегирь». Параллельно участвовал в чемпионатах по боям роботов, побеждал и занимал призовые места в России, Китае и Индии. Сегодня он в команде разработчиков БПЛА, отвечает за бортовое оборудование и пилотирование.

Всего Алексей Боровков подготовил более 550 бакалавров, магистров и инженеров, 11 кандидатов наук защитили диссертации под его научным руководством.

Анатолий Попович. Купить нельзя — напечатать можно

Директор Института машиностроения, материалов и транспорта **Анатолий Попович** — главный конструктор по направлению «Материалы, технологии, производство». Это направление заканчивается готовым изделием. В СПбПУ организовано малосерийное наукоемкое производство. Детали печатают, выращивают, восстанавливают и передают на действующие объекты промышленности.

Заказчики — «Газпром», «Росатом», предприятия авиационной и судостроительной отраслей. Взаимодействие строится не как набор разовых НИОКР, а системно, когда университет сопровождает технологию на всех этапах — разработка материала, отработка режимов, производство.

В 2022 году впервые в мире методом прямого лазерного выращивания изготовлены три опытных образца сепарационного модуля для энергетических установок атомных ледоколов и плавучих энергоблоков. Они прошли стендовые испытания с положительным результатом.

В 2024 году впервые в России методом селективного лазерного плавления изготовлены сопловые аппараты газотурбинного двигателя «Ладога». Это позволило снизить себестоимость и повысить качество комплектующих для газоперекачивающих агрегатов. Организуется

серийное производство для «Газпрома».

Самая масштабная задача — узлы газоперекачивающих агрегатов. Магистральные газопроводы работают на агрегатах, значительная часть которых импортного производства и находится в высокой степени износа. Сегодня купить новый агрегат и заказать сервис у производителя стало невозможно. Остановка компрессорной станции — тоже не вариант, так как она обеспечивает транспортировку газа.

Единственный путь — изготавливать и восстанавливать критические детали внутри страны. Направление работает по четырем линиям одновременно: восстановление роторов, ремонт сопловых аппаратов, изготовление новых деталей и разработка конструкций для перспективных установок.

В работе направления — три технологии. Первая — селективное лазерное плавление, то есть печать из порошков. Вторая — прямое лазерное выращивание, для крупных деталей. Третья — аддитивное выращивание с проволочными материалами, электродуговое и плазменное. Эту технологию в России впервые предложили и реализовали в Политехе. По заказу «Росатома» в 2021–2023 годах сконструированы и построены опытные образцы установок аддитивного электродугового и аддитивного плазменного выращивания., вместе с документацией переданы госкорпорации.

> *«Завод отвечает за серию, и это накладывает жесткое ограничение. Он не может поставить в производство технологию без отраслевой статистики. Университет может — и в этом наша роль. У нас полный цикл в одних стенах: синтезируем порошок, разрабатываем режимы, печатаем изделие и исследуем его. От идеи до образца — недели, а не годы. Я говорю о триаде: новый материал, технология изготовления и само производство. Если выпадает хоть одно звено, работа остаётся на бумаге», — подчеркнул Анатолий Попович.*

В лаборатории центра «Функциональные материалы» студенты работают на реальных проектах с первых курсов. Один из примеров — Глеб Конов. Пришел в магистратуру новичком, заинтересовался темой защитных покрытий для лопаток газовых турбин. Сегодня он инженер и аспирант, участвует в проекте по разработке новых материалов — на основе высокоэнтропийных сплавов — для повышения ресурса комплектующих газотурбинных установок.

> «Технологии нанесения покрытий уже давно применяются для защиты деталей от воздействия высоких температур. Используемые материалы практически полностью исчерпали свой ресурс. Мы уже отработали процесс нанесения защитных покрытий из традиционных материалов на сложнопрофильную лопатку. В рамках программы „Приоритет-2030“ перед нашей командой стоит амбициозная задача по разработке новых материалов (на базе высокоэнтропийных сплавов) для повышения ресурса дорогостоящих комплектующих газотурбинных установок, с последующим полным комплексом горячих испытаний», — отметил Глеб Конов.

Среди разработок — композиционные материалы на основе пеноалюминия, повышение производительности внутритрубных роботизированных комплексов для контроля газопроводов. Сотрудники НОЦ занимаются не только НИОКР, но и подготовкой кадров высшей квалификации.

Юрий Фомин. Данных много — решение одно

Проректор по научной работе СПбПУ Юрий Фомин — главный конструктор по направлению «Искусственный интеллект для решения кросс-отраслевых задач». Созданная в университете платформа «Поланис» предназначена для работы с промышленными данными и поддержки решений в самых разных отраслях, включая геологоразведку, нефтегазовый сектор, транспорт и фармацевтику.

> «Поланис» объединяет разнородные данные, поступающие из разных источников, в единой программной среде. Платформа реализует два типа аналитики: предиктивные модели оценивают вероятное состояние объекта или развитие процесса, прескриптивные — используют эти оценки для выбора параметров эксплуатации, проектных решений и сценариев дальнейших действий.

Система автоматизирует поиск аномалий, подавление шумов, восстановление пропущенных данных, сегментацию сейсмических объектов и построение прогнозов. Специалисту остается проверить результат и принять решение.

Одним из основных потенциальных потребителей платформы могут стать нефтегазовые компании. Геологоразведка и добыча — наиболее затратные этапы жизненного цикла месторождения. Они формируют огромные массивы разнородной информации, значительная часть которой по-прежнему обрабатывается вручную или не используется вовсе: специалисты физически не способны просмотреть весь объем накопленных данных.

Цена такой работы высока. Ошибка при интерпретации сейсмических данных может привести к бурению непродуктивной скважины стоимостью в сотни миллионов рублей.

В СПбПУ разрабатывают нейросетевые методы обработки сейсмики. Человек при этом не исключается из процесса: он переходит от сплошного просмотра данных к проверке участков, отобранных алгоритмом.

> *«Результат работы с данными нельзя предъявить так же, как деталь, вышедшую из станка. Он проявляется в момент, когда специалист заказчика перестает перепроверять систему вручную и начинает ей доверять. Сначала проверяется все, затем — выборочно, а после остаются только спорные случаи. Если процесс дошел до этой стадии, значит, инструмент состоялся», — говорит Юрий Фомин.*

Платформа может объединять методы из разных научных областей и использовать их в межотраслевых проектах. В частности, в Политехе создана база данных о взаимодействии

100 тыс. потенциальных противораковых соединений с белками-мишенями в опухолях.

Традиционный поиск перспективных соединений требует длительных и дорогостоящих лабораторных экспериментов. Машинное обучение позволяет сократить число кандидатов еще до начала испытаний: в лабораторию направляются не все соединения подряд, а отобранные по расчетным признакам. По оценке разработчиков, такой подход способен снизить затраты на начальных этапах разработки препарата до 40% и сократить сроки его вывода на рынок.

В работу над платформой вовлекаются студенты. Роман Стеблецов пришел в проект в начале четвертого курса бакалавриата, чтобы определить тему диплома, но вскоре стал участником реальной разработки.

> *«В какой-то момент стало понятно, что написанный мной код — это уже не учебное задание, а часть работающего продукта. После первой задачи появились новые, а вместе с ними — понимание проекта. Сейчас я занимаюсь разделением монолитного приложения на микросервисы в рамках платформы анализа данных транспортных систем с применением гибридного искусственного интеллекта», — говорит он.*

В 2026 году платформа «Поланис» вошла в реестр российского программного обеспечения Минцифры России.

Не отчет, а результат

Алексей Боровков довел цифровые двойники до национального стандарта, который сегодня применяется на предприятиях «Росатома», «Ростеха» и «Газпрома» и признан в Китае. Анатолий Попович организовал в университете малосерийное наукоемкое производство — детали, которые он печатает, работают на газопроводах.

Юрий Фомин разработал инструмент, который ускоряет работу там, где объем данных не может быть полностью изучен человеком, а уровень неопределенности чрезвычайно высок.

То, что сделано в СПбПУ, не остается в отчетах. Стандарт, по которому теперь работает вся страна. Детали, которые выдержали нагрузку на реальных объектах. Установки, переданные в промышленность. И инженеры, которые умеют создавать все это с нуля.

Все это — результат работы главных конструкторов, которые превращают университетские исследования в промышленные решения.

Справка:

Инженерные университеты — 38 вузов, отобранных Минобрнауки России в рамках исполнения Поручений Правительства РФ для подготовки инженерных кадров и научных разработок в интересах технологического лидерства России. В список вошли МГТУ им. Баумана, МФТИ, ИТМО, СПбПУ, ТПУ, МИФИ, МИСИС, СПбГМТУ и другие ведущие технические вузы страны. 35 Из них — участники программы «Приоритет-2030».

В марте 2025 года каждый из этих университетов утвердил Стратегию развития инженерного

университета — документ, определяющий, как вуз будет участвовать в национальных проектах технологического лидерства, отраслевых стратегиях и госпрограммах. Стратегии разработаны по поручению Председателя Правительства Михаила Мишустина и утверждены Экспертным советом Минобрнауки России.

Ключевая фигура в реализации стратегий — главный конструктор. Это должность с конкретными обязанностями — формировать портфель проектов, выстраивать взаимодействие с индустриальными партнерами, отслеживать вклад разработок в достижение целей национальных проектов. Университеты сами определяют, по каким направлениям назначать главных конструкторов и какие функции им поручать. В 37 вузах на сегодняшний день назначено 174 таких специалистов.

Их работа напрямую связана с национальными проектами технологического лидерства — девятью инициативами, направленными на снижение импортозависимости и достижение технологического превосходства в ключевых отраслях.

Источник: официальный сайт «СоциоЦентр»