СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЙ ЦЕНТР «ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ»

Один из крупнейших суперкомпьютерных центров в России, второй по производительности среди научных центров и четвертый в общем рейтинге.

С использованием ресурсов СКЦ ежегодно выполняются сотни проектов и решаются десятки тысяч вычислительных задач в различных областях знаний, включая науки о жизни, вычислительную механику, материаловедение, геофизику, двигателестроение, исследования космоса, микроэлектронику, генетику, искусственный интеллект, и др.

СКЦ предоставляет различные вычислительные системы, мощность самой производительной из них 1.3 ПФлопс (миллион миллиардов вычислительных операций в секунду). СКЦ зарегистрирован как центр коллективного пользования и уникальное научное оборудование и является верным партнером для российских научных и промышленных организаций.

ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ!
КОНТАКТЫ: АЛЕКСЕЙ ЛУКАШИН, +7 (812) 290-96-18 ДОБ. 1505, DIRECTOR.SCC@SPBSTU.RU

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

НАУКА.ПОЛИТЕХ

№ 01 (1) ЯНВАРЬ-ФЕВРАЛЬ 2021

РЕГЕНЕРАТИВНАЯ МЕДИЦИНА

КАК ВЫРАСТИТЬ МЕТАЛЛ

РОБОТИЗИРОВАННЫЕ АВТОМОБИЛИ

МАТЕМАТИКА И МУЗЫКА

БИОМАТЕРИАЛЫ

CyberBoat-330: шустрый и умный

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ. БУДУЩЕЕ СЕГОДНЯ

С приходом коронавируса и созданием вакцины против него мы как никогда почувствовали, что наука – это основа устойчивого развития и благополучия общества, а влияние научного знания на жизнь людей и будущее нашей планеты трудно переоценить.

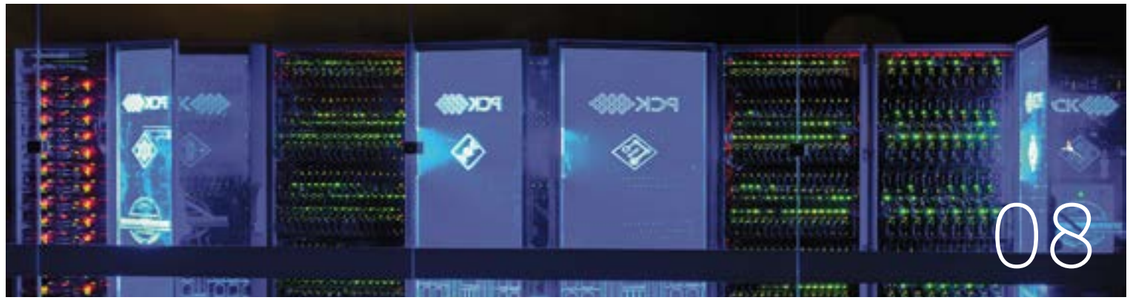
Мы считаем, что в обществе необходимо сформировать отношение к науке как к неотъемлемой составляющей жизни. Это можно сделать с помощью увеличения числа научных конференций, фестивалей и конкурсов – все это мы делали и будем продолжать. Однако, создавая этот журнал, мы хотим популяризировать нашу науку, повысить престиж ученых как людей, которые занимаются увлекательным и полезным для общества делом, благодаря чему и сами ученые, и их открытия станут известными не только узкому кругу, но и широкой аудитории.

Наука в Политехе огромна, активна, есть масса новых разработок по разным направлениям. Об этом можно рассказывать долго, скучно, непонятно и непостижимо. Мы же постараемся делать это просто, интересно и увлекательно. Мы считаем важным рассказывать в первую очередь о прикладной науке, а также освещать актуальные теории, идеи, концепции, законы и понятия в современных областях знания.

Мы будем рассказывать о современной науке в Политехе и ученых, которые ее создают, об успехах разных наук, их перспективах и о том, как они привязаны к жизни общества, нас с вами. Но и сохранить, популяризировать уникальное наследие, передать дух предыдущих поколений ученых-политехников тоже одна из наших задач. Мы покажем читателям, которые интересуются наукой и хотят сделать ее своей профессией, многочисленные направления для исследований в Политехе не как отвлеченные дисциплины, а как работу реальных людей. Мы надеемся, что представители индустрии и бизнеса обратят внимание на работу наших ученых, увидят реальные результаты, у исследователей и лабораторий сформируется репутация, появятся новые коллаборации, в лаборатории придут молодые сотрудники, ученые получат обратную связь со стороны общества, повысится престиж их профессии. У некоторых даже появится возможность по-новому взглянуть на свою работу. Одним словом, мы надеемся, журнал будет полезен, и что каждый, даже далекий от науки человек, сможет найти в нем что-то интересное.

Проректор по научной работе СПбПУ,
д-р техн. наук, чл.-корр. РАН Виталий Сергеев

СОДЕРЖАНИЕ



НОВОСТИ

06 Ученые ставят интеллектуальную противопожарную защиту

08 Титан вычислений: Суперкомпьютерный центр «Политехнический» отметил 5-летие

10 По итогам конкурса Минобрнауки России Политех получил статус Научного центра мирового уровня «Передовые цифровые технологии»

12 Звезды сошлись

14 Ученые СПбПУ разработали новое поколение компактных лазеров

16 Искусственный интеллект поможет врачам выявлять онкологию

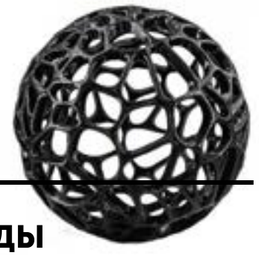
18 В Политехе разработали первый в России серийный электромобиль на основе технологий цифровых двойников

ТЕХНОЛОГИИ

22 Как вырастить металл

24 Анатолий Попович: 3D-печать пришла в атомную отрасль

32 Регенеративная медицина



ТРЕНДЫ

40 Биоматериалы: наномир, который всегда был под рукой

ХАЙ-ТЕК

48 CyberBoat-330: шустрый и умный

ТРЕНДЫ

54 Роботизированные автомобили

СОДЕРЖАНИЕ

ФЕНОМЕН

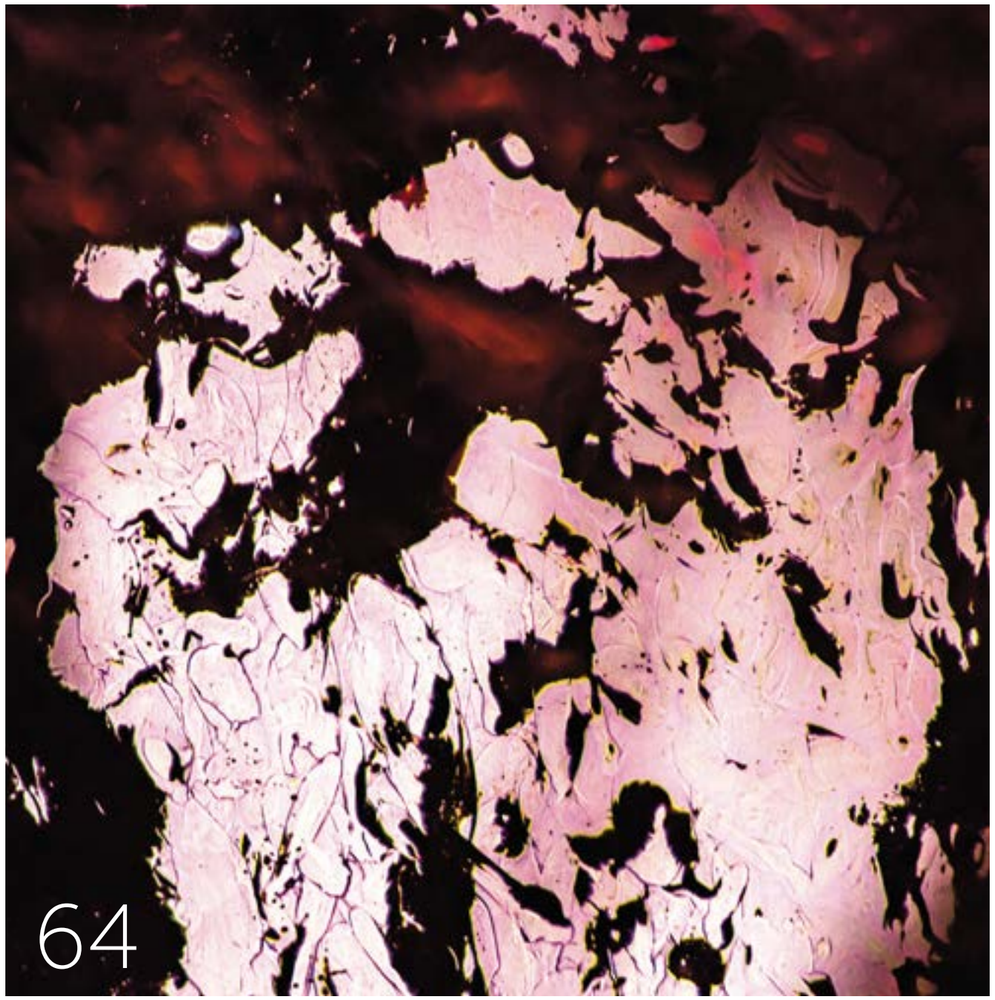
64 Сверхпроводимость

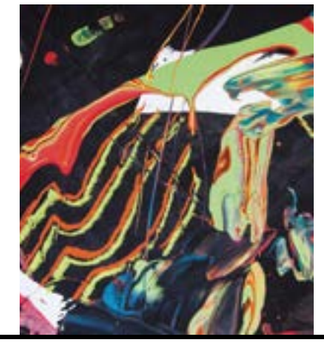
76 Математика и музыка

82 Грибное царство: расшифровать все тайны

ФИЛОСОФИЯ

88 Постмодерн умер, да здравствует метамодерн?





ПСИХОЛОГИЯ

94 Изоляция: правила социального выживания

ИСТОРИЯ

98 Роль инженеров-политехников в ГОЭЛРО

Журнал «Наука. Политех»

Январь-февраль 2021 №1

Главный редактор
Роман Лопаткин (lopatkin_rv@spbstu.ru)

Выпускающий редактор
Инна Платова (platova_iv@spbstu.ru)

Дизайн и верстка
Светозар Баев (svetozar@raincs.ru)

Над номером работали:
Иван Ющенко, Анна Конева, Сергей Лобанов, Михаил Бабенков, Олег Путин, Екатерина Богданова, Александр Лепицкий

Возрастная категория 13+
Подписано в печать 15 декабря 2020
Тираж: 999 экземпляров
Цена свободная

Адрес редакции:
ул. Политехническая, д. 29,
Санкт-Петербург, 195251

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре Политехнического университета.
ул. Политехническая, д. 29,
Санкт-Петербург, 195251.
Тел.: +7 (812) 552-77-17; 550-40-14

Ученые ставят интеллектуальную противопожарную защиту

Ученые Политеха и их партнеры – лауреаты премии Правительства РФ в области науки и техники 2020 года за разработку, производство и широкое внедрение интеллектуальных комплексов автоматического пожаротушения.

Сегодня практически не осталось ни одной сферы деятельности, где бы не использовались интеллектуальные технологии. Еще совсем недавно такой отраслью была противопожарная защита. Этот пробел был ликвидирован благодаря ученым из СПбПУ и их партнерам – ВНИИ противопожарной обороны МЧС, Группе компаний «Гефест» и Инженерному центру пожарной робототехники «ЭФЭР».

Разработанная консорциумом интегрированная интеллектуальная система для борьбы с пожарами обеспечивает управляемое тушение с помощью принудительного запуска спринклерных оросителей, выполняющих тонкодисперсное распыление воды, и включения ствольной пожарной робототехники.

Один из разработчиков системы Александр Снегирёв, профессор Высшей школы прикладной математики и вычислительной физики Института прикладной математики и механики, пояснил: «Пожаротушение – очень консервативная отрасль. Но нашему консорциуму удалось привнести в нее новые элементы, которые апробированы в России и постепенно получают признание на Западе. Технология принудительно управляемого контролируемого пуска спринклерных оросителей изобретена и запатентована в России, а затем презентована в США и Европе на международных конференциях и в зарубежных компаниях, которые являются законодателями мод в технологиях пожаротушения и производстве спринклерных оросителей. И сейчас проходит процесс сертификации в международных организациях по стандартизации этого оборудования».

Автоматические спринклерные оросители с конца XIX века и до нынешних дней устанавливались в помещениях на трубах, наполненных водой. Во время пожара тепловой замок при температуре 70-90°С разрушался, и вода под давлением начинала распыляться через спринклеры-оросители в помещении, где произошло возгорание. Была только одна проблема – к этому времени пожар мог охватить все помещение, и потушить его уже не было возможности.

«У нас возникла идея снабдить спринклер высокочувствительным элементом, который реагирует не на температуру, а на скорость повышения температуры. В этом случае ороситель может срабатывать даже тогда, когда воздух в помещении быстро прогревается – всего на 10°С. Ликвидировать возгорание в самом начале значительно проще. Аналогов такой необычной пожарной системы в мире еще не было», – рассказал участник разработки Леонид Танклевский.

Программно-аппаратный комплекс обеспечивает управление более чем 4 500 спринклерами. Оператор получает информацию о месте пожара и может вызвать срабатывание ближайших к очагу пожара спринклеров.

Интегрированная интеллектуальная система для борьбы с пожарами установлена на более чем 5 000 объектов в России: промышленных, культурных и спортивных сооружениях, на объектах транспортной, топливно-энергетической и ракетно-космической инфраструктуры.

Благодаря исследованиям научной группы Александра Снегирёва были установлены оптимальные характеристики распыления воды через спринклеры, позволяющие быстро потушить пожар с меньшим количеством воды. На Западе широко известны его работы по математическому моделированию горения пожара и прогнозированию распространения пламени при горении различных материалов, которые помогают разрабатывать наиболее эффективные технологии тушения пожара.

Лауреатами премии Правительства РФ в области науки и техники 2020 года за разработку, производство и широкое внедрение интеллектуальных комплексов автоматического пожаротушения стали: профессор Высшей школы прикладной математики и вычислительной физики Института прикладной математики и механики Александр Снегирёв; профессор, заведующий базовой кафедрой «Пожарная безопасность» группы компаний «Гефест», технический директор компании «Холдинг Гефест» Леонид Танклевский; доцент Высшей школы техносферной безопасности Михаил Васильев; аспирант кафедры пожарной безопасности ВШТБ, генеральный директор Форносовского научно-производственного предприятия «Гефест» Александр Аракчеев.

Титан вычислений: Суперкомпьютерный центр «Политехнический» отметил 5-летие

В октябре 2020 года Суперкомпьютерному центру «Политехнический» исполнилось пять лет. За это время он стал четвертым по мощности в России и занял 22-ю позицию в мировом рейтинге IO500 – новом индустриальном списке суперкомпьютеров с самыми высокопроизводительными системами хранения данных. На сегодняшний день в этом списке присутствуют только две российские системы. Максимум вычислений за минимум времени – это востребовано во многих областях. Система аварийного спасения космонавтов, горение в невесомости, президентский лимузин, первая плазма ИТЭР рассчитаны в СКЦ «Политехнический».

Создание в вузе одного из самых мощных и наиболее инновационных в стране суперкомпьютерных центров с пиковой производительностью более 1,1 Пфлопс (петафлопс – квадриллион операций с плавающей запятой в секунду, или 1000 терафлопс) началось в 2014 году, а в 2015-м СКЦ «Политехнический» ввели в эксплуатацию. Проект реализован в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 гг.» и Федеральной адресной инвестиционной программы. После модернизации суперкомпьютера, проведенной в 2020 году, его пиковая производительность выросла до 1,309 Пфлопс.

Эта сверхмашина может выполнять сложнейшие задачи и по своим характеристикам превосходит большинство компьютеров, с которыми мы сталкиваемся в обычной жизни. Оборудование СКЦ «Политехнический» представлено тремя суперкомпьютерами: «Политехник – РСК Торнадо» (кластер с пиковой производительностью 1300 Тфлопс), «Политехник – РСК ПетаСтрим» (массивно-параллельный компьютер с ультравысокой многопоточностью; единственная в России система, способная поддержать более 70 тысяч потоков; пиковая производительность – 291 Тфлопс), «Политехник – NUMA» (массивно-параллельная система с кеш-когерентной глобально адресуемой памятью объемом более 12 ТБ, пиковая производительность – 30 Тфлопс). Все вычислительные системы работают с общей системой хранения данных, имеют единую систему управления и мониторинга. Для энергоснабжения системы к СКЦ «Политехнический» подведены специальные кабели от разных подстанций «Ленэнерго», ведь его энергопотребление составляет 600-700 кВт • ч (что соизмеримо, например, с энергопотреблением коттеджного поселка в 100 домов).

Суперкомпьютер – это специализированная высокопроизводительная вычислительная система, способная обрабатывать гигантские объемы данных и производить сложнейшие расчеты. Там, где человеку для вычислений нужны десятки тысяч лет, суперкомпьютер обойдется секундами. А слово «супер», как отмечает директор СКЦ «Политехнический» Алексей Лукашин, означает возможность решить с помощью данного класса техники задачи, которые будут актуальны еще 10-20 лет, то есть в довольно длительной перспективе.

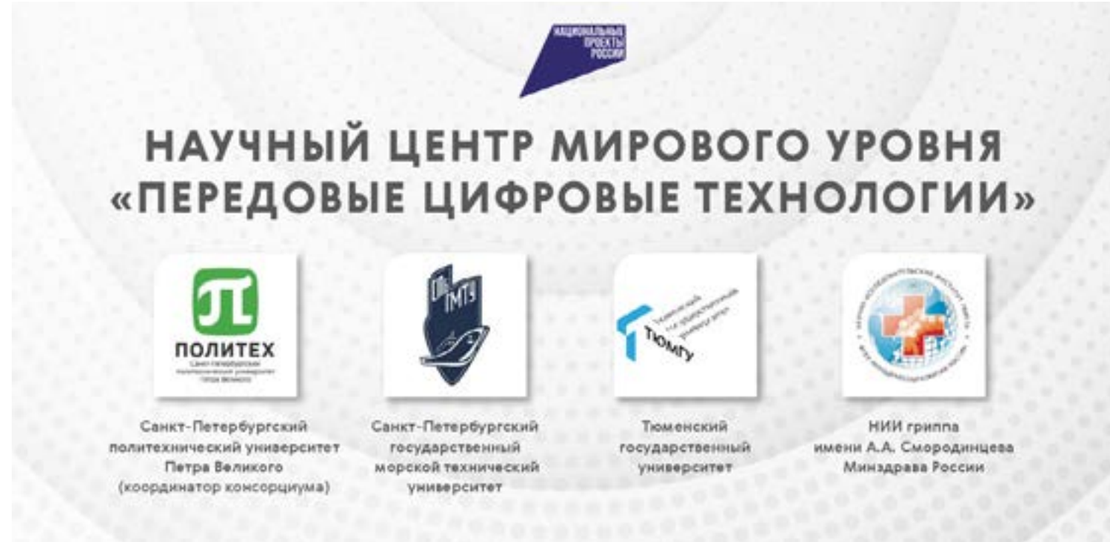
«С момента появления суперкомпьютерного центра в нашем университете многое поменялось, – рассказал проректор по научной работе СПбПУ Виталий Сергеев во время празднования пятилетия СКЦ. – В настоящее время более 500 пользователей используют возможности наших суперкомпьютерных систем для получения новых результатов при выполнении проектов в рамках грантов РНФ, РФФИ, ФЦП и проектов, реализуемых в интересах развития российской промышленности». По словам проректора, благодаря СКЦ удалось решить задачи, которые практически нерешаемы на обычном оборудовании. Среди них численное моделирование в механике, материаловедении, фундаментальной физике, решение задач в области искусственного интеллекта и машинного обучения, медицины, биологии, геофизики, и др.

Суперкомпьютер сделал доступным для научно-инженерного сообщества страны и мира накопленный учеными нашего и других университетов опыт решения сложных задач численного моделирования в гидроаэродинамике. Так, в 2019 году с использованием СКЦ «Политехнический» были выполнены расчеты для технического эксперимента на борту МКС по исследованию горения в условиях микрогравитации под руководством профессора А. Ю. Снегирёва. «В 2020 году мы завершили очередной апгрейд, вложив более 160 миллионов рублей в развитие центра, который уже стал опорным суперкомпьютерным центром Северо-Западного региона, – рассказал ректор СПбПУ, академик РАН Андрей Рудской. – Мы продолжим работу по его усовершенствованию и постараемся удерживать лидерские позиции в этом направлении».

По итогам конкурса Минобрнауки России Политех получил статус Научного центра мирового уровня «Передовые цифровые технологии»

На базе новой структуры ученые Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого будут формировать условия для перехода на принципиально новый уровень современного цифрового производства. Работа будет вестись совместно с Санкт-Петербургским государственным морским техническим университетом, Тюменским государственным университетом, Научно-исследовательским институтом гриппа имени А.А. Смородинцева Минздрава России.

Согласно нацпроекту «Наука», в 2024 году Россия должна войти в пятерку ведущих стран, осуществляющих научные исследования и разработки в областях, определяемых приоритетами научно-технологического развития. Научно-образовательные центры мирового уровня (НЦМУ), создаваемые в формате консорциумов, как раз и призваны обеспечить тот самый прорыв. В поле зрения таких центров – самый широкий спектр задач: от модернизации агропромышленного комплекса и лечения эндокринных заболеваний



до лазерных технологий и сверхзвуковых полетов. В 2020 году на конкурсный отбор поступило 60 заявок, гранты выделены 10 научным центрам. Каждый победитель получил более 200 миллионов рублей.

Консорциум четырех научных организаций прошел конкурсный отбор Минобрнауки России и получил статус НЦМУ «Передовые цифровые технологии». Координатором НЦМУ стал Петербургский Политех. Критериями конкурсного отбора являлись наличие опыта проведения исследований по направлениям деятельности центра, программа научных исследований мирового уровня, кадровый потенциал, а также научная инфраструктура центра. «Понимая, что в ближайшие годы конкуренция будет смещаться от конкуренции передовых цифровых решений, включая платформенные решения, к конкуренции экосистем, центр "Передовые цифровые технологии" де-факто уже сейчас выступает ядром формирования целого ряда экосистем знаний, компетенций и технологий, – отмечает проректор по перспективным проектам СПбПУ, руководитель Центра компетенций НТИ СПбПУ "Новые производственные технологии" Алексей Боровков. – Результативность центра обусловлена высокими наукометрическими показателями участников консорциума, в том числе более 660 статей Q1 или Q2 Scopus за последние три года. Однако более существенным заделом является тот факт, что коллектив НЦМУ проводит исследования, создает разработки и внедряет цифровые технологии в высокотехнологических отраслях экономики уже более 30 лет как в России, так и за рубежом».

Ключевые направления НЦМУ: передовые цифровые технологии (цифровое проектирование, математическое и суперкомпьютерное моделирование, управление жизненным циклом изделия или продукции (Smart Design) и технологии «умного» производства (Smart Manufacturing)); искусственный интеллект; роботизированные системы; материалы нового поколения и аддитивные технологии. Каждое научное направление включает не только исследования, но и подготовку молодых ученых и инженеров. Развитие кадрового потенциала и кросс-отраслевой трансфер компетенций прописаны в числе целей создания НЦМУ, поэтому результаты деятельности центра будут отражаться в материалах учебных программ СПбПУ и вузов консорциума. В деятельность НЦМУ будет вовлечено более 700 научных сотрудников, 51% из них составят молодые исследователи.

Звезды сошлись

В крупнейшем российском издательстве АСТ вышла книга Андрея Мурачёва «Загадки космоса. Планеты и экзопланеты». Молодой ученый СПбПУ и популяризатор науки рассказывает об одних из самых интересных для современной астрофизики объектах: экзопланетах – планетах, вращающихся не вокруг Солнца, а вокруг других звезд.

Разнообразие видов экзопланет поражает воображение: горячие газовые гиганты и холодные мини-копии Нептуна, миры-океаны и суперземли, планеты, покрытые лавой, и планеты, свободно плывущие в космическом пространстве. Что собой представляют эти миры? Как ученым удалось их обнаружить? И, конечно, есть ли там жизнь? В своей научно-популярной книге Андрей Мурачёв, научный сотрудник Высшей школы теоретической механики (ВШТМ) Института прикладной математики и механики, отвечает на эти вопросы. По его словам, книга стала «результатом обобщения знаний, полученных в процессе работы над астрофизическими задачами».

«Я много лет занимался проектами в области планетообразования и получил интересные результаты, – рассказал историю создания книги ее автор. – Кроме этого, общение с российскими и зарубежными учеными дало бесценный опыт критического и глубокого понимания современного состояния науки об экзопланетах. В конце концов, я почувствовал, что во мне скопилось столько информации, появилась необходимость делиться ею с другими людьми. Удивительным образом в это время со мной связался куратор проекта "Библиотека Гутенберга" издательства АСТ и предложил написать книгу об экзопланетах, рассказать о революции, связанной с их открытием и исследованиями. Меня это предложение очень вдохновило. Не каждому поколению выпадает шанс наблюдать, как на его глазах рождается новая наука. Так что, можно сказать, для написания и издания этой книги звезды сошлись».

Книга «Загадки космоса. Планеты и экзопланеты» предназначена для широкого круга читателей. По ходу повествования простым языком объясняются законы физики и астрофизики, иллюстрируется звездная эволюция и, конечно, большое внимание уделено формированию и разнообразию планетных систем, загадкам, связанным с их структурой. Также в книге автор рассказывает о судьбах ученых, открытия которых оказали существенное влияние на развитие астрономии, о том, как человечество изучало космос раньше и как оно это делает сейчас, какие технологии применяются для поиска и открытия новых экзопланет. Добро пожаловать в захватывающее путешествие!

ТЕХНОПОЛИС ПОЛИТЕХ

25000 кв. метров передовой инфраструктуры

26 научных образовательных и инновационных центров

100+ научных конгрессно-выставочных мероприятий

Предоставляем комплекс качественных услуг для комфортной рабочей среды и эффективного делового общения. В этом нам помогают опыт работы, высокая репутация «Технополиса» как площадки крупнейших в городе научных мероприятий, самая современная инженерно-техническая инфраструктура, передовые выставочные технологии, широкие сервисные возможности.

К вашим услугам – конференц-залы «Семенов» (166 мест) и «Капица» (60 мест), переговорная, телестудия с возможностью выхода в прямой эфир, лекционные аудитории, кафе и зимний сад.

По вопросам организации мероприятий:
+ 7 (812) 552 85 34 expo@spbstu.ru
technopolis.spbstu.ru

Ученые СПбПУ разработали новое поколение компактных лазеров

Научный коллектив СПбПУ совместно со специалистами Университета Тампере (Финляндия) разработали новое поколение сверхбыстрых лазеров повышенной мощности, которые в пять раз улучшают качество высокоточной обработки материалов.

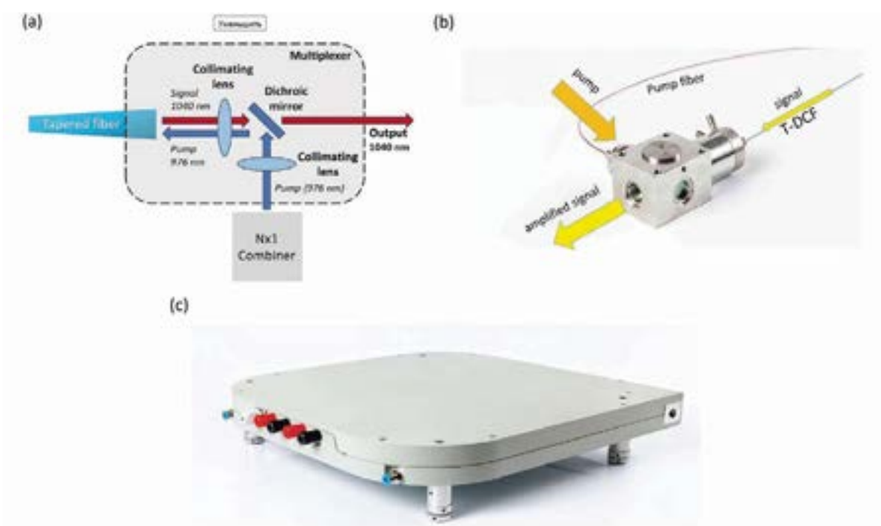
По словам ученых, это первый в мире волоконный компактный (как минимум в три раза по сравнению с ближайшими конкурентами) высокопроизводительный лазер с оптической мощностью свыше 150 Ватт. Лазер позволит не только поддержать тренд на минимизацию производственных площадей, но и выйти на новый уровень точности обработки материалов. За счет огромной величины электрического поля световой волны, сконцентрированной в очень маленьком промежутке времени, ультракороткие световые импульсы оказывают сверхмощное воздействие и могут удалять любой, даже самый тугоплавкий материал, с точностью до микрометров. Волоконный лазер излучает оптические импульсы с мощностью свыше одного мегаватта с частотой 10 МГц, то есть каждую десятимиллионную долю секунды на поверхность обрабатываемого материала приходит один сверхмощный оптический импульс.

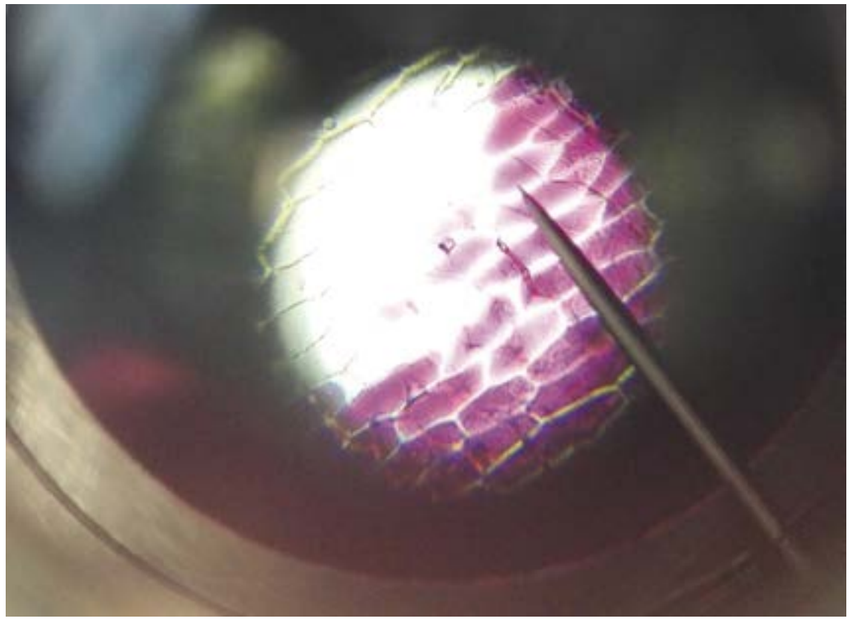
Кроме того, материал не подвергается нагреву и отсутствуют такие стандартные атрибуты лазерной резки, как оплавы и зоны термического повреждения с измененными свойствами материала. Это открывает широкий простор для использования с чрезвычайно чувствительными материалами, такими как стекло, керамика, пластмассы и даже биоматериалы.

В настоящее время большинство мощных лазерных систем, используемых в промышленности, основаны на объемных твердотельных лазерах. Однако такие системы являются относительно дорогими и громоздкими и требуют регулярного технического обслуживания.

«Нам удалось на порядок повысить производительность высокоточных лазерных технологических процессов, при этом избежать снижения качества обработки материала, – комментирует заведующий лабораторией «Лазерные и плазменные технологии» СПбПУ Максим Одноблюдов. – Наша разработка позволит применять лазерные высокоточные технологии для изготовления крупногабаритных изделий, например в аэрокосмической отрасли, автомобилестроении, машиностроении и приборостроении».

По словам разработчиков, в настоящее время ведущие мировые производители предлагают лазеры с более чем в пять раз меньшей производительностью по сравнению с разработкой политехников. Полученные результаты открывают возможность коммерческого применения данной технологии и изготовления мощной полностью волоконной пикосекундной лазерной системы для промышленной высокоточной обработки материалов. Технологией уже заинтересовались финские компании из Технопарка Университета Тампере, специализирующиеся на разработке лазерного оборудования.





Искусственный интеллект поможет врачам выявлять онкологию

Ученые Политеха внедряют цифровые решения в городскую систему здравоохранения. За проект научно-образовательной платформы для разработки и применения систем искусственного интеллекта в диагностике онкологических заболеваний авторский коллектив под руководством директора Высшей школы прикладной математики и вычислительной физики профессора Льва Уткина получил премию Правительства Санкт-Петербурга в номинации «В области интеграции образования, науки и промышленности» за 2020 год.

Научно-образовательная платформа, разработанная на базе СПбПУ и Санкт-Петербургского клинического научно-практического центра специализированных видов медицинской помощи (онкологического), охватывает все аспекты применения систем искусственного интеллекта (ИИ) в диагностике онкологических заболеваний, выборе оптимального лечения, интерпретации результатов диагностирования. Фактически создана инфраструктура, позволяющая в комплексе решать задачи, начиная от образования и научных разработок до внедрения систем ИИ в онкологические центры России.

Несмотря на быстрое развитие новых методов машинного обучения и обработки изображений, системы диагностики на основе элементов ИИ представляют собой сложные программные комплексы, объединяющие различные этапы и принципы обработки информации, и их реализация представляется одной из сложнейших задач, требующих больших затрат как временных, так и вычислительных ресурсов. Инструментальной базой программы является Суперкомпьютерный центр СПбПУ. В рамках платформы создана распределенная автоматизированная система под названием Dr. AIzimov (в названии соединили искусственный интеллект (AI – Artificial Intelligence) и фамилию известного писателя-фантаста Айзека Азимова). Система позволяет через специально разработанные веб-приложения управлять процессом накопления данных, их разметкой, диагностикой и анализом результатов интеллектуальной диагностики. С точки зрения текущих перспектив научно-образовательная платформа направлена на максимальный охват онкологических заболеваний, диагностика которых осуществляется средствами ИИ. Это позволит существенно сократить время диагностики, повысить ее точность и тем самым обеспечить эффективное лечение пациентов.

Основным элементом инфраструктуры научной составляющей платформы является научно-исследовательская Лаборатория нейросетевых технологий и искусственного интеллекта, созданная в Институте прикладной математики и механики СПбПУ. В лаборатории решается весь комплекс задач, начиная от разработки принципов формирования баз данных онкологических заболеваний, программирования, и заканчивая такими современными направлениями, как объяснительный интеллект, анализ выживаемости, выбор оптимального лечения пациента в рамках персонализированной медицины. Одновременно в Петербургском Онкоцентре создается система мероприятий по разработке единой методологии формирования баз медицинских данных, которая основывается на принципах структуризации, анонимизации, кодификации, верификации, присвоения меток классов. Результатом этих мероприятий будет формирование структурированных медицинских данных, оптимальных для использования разработчиками ИИ, а также совершенствование качества медицинской помощи в онкологии.

Разработчики уверены, что научно-образовательная платформа не только повысит качество диагностики онкологических заболеваний, но и станет предпосылкой для создания в Санкт-Петербурге научного центра искусственного интеллекта.

В Политехе разработали первый в России серийный электромобиль на основе технологии цифровых двойников

Первый электромобиль, который разработан на основе передовой технологии цифровых двойников (Digital Twins) и готов для массового серийного производства, спроектировали в Инжиниринговом центре CompMechLab® СПбПУ – ключевом подразделении Центра компетенций НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии». Все испытания опытного образца завершились в начале декабря.

«КАМА-1» – это компактный городской смарт-кроссовер экономкласса, способный проезжать более 250 км без подзарядки и выдерживать мороз до -50˚С. Авто рассчитано на четырех пассажиров, а его ориентировочная цена – около миллиона рублей при планируемом объеме продаж порядка 20 тысяч машин в год.

«Мы разработали полноценный легковой автомобиль, компактный смарт-кроссовер длиной 3,4 метра, шириной 1,7 метра. В машине предусмотрены четыре места для пассажиров, – рассказал об особенностях электромобиля заместитель руководителя Центра НТИ СПбПУ, главный конструктор Инжинирингового центра CompMechLab® СПбПУ Олег Клявин. – *"КАМА-1" ориентирована на массовый рынок – от индивидуальных потребителей до каршеринговых сервисов и служб доставки. В автомобиле могут быть установлены различные аккумуляторные батареи. В базовой комплектации поставлена батарея на 33 кВт • ч, которая на полном заряде в режиме езды на трассе позволит преодолеть до 300 километров»*. В повседневном городском режиме, требующем постоянных торможений и разгонов, затрат энергии на обогрев и охлаждение, запас хода составит около 250 км, добавил эксперт.

Важная отличительная черта «КАМА-1» от других электромобилей заключается в том, что, несмотря на свои компактные размеры, этот автомобиль обладает характером кроссовера, отметил руководитель Инжинирингового центра CompMechLab® СПбПУ, Центра компетенций НТИ СПбПУ и Научного центра мирового уровня «Передовые цифровые технологии» Алексей Боровков. По его словам, у электромобиля достаточно высокий клиренс, короткие передние и задние свесы – на уровне среднестатистического паркетника. Кстати, по скоростным характеристикам этот электромобиль не уступает бензиновому: до 60 км/ч электромобиль разгоняется всего за 3,2 секунды, а его максимальная скорость составит 150 км/ч. *«У нас уже накоплен большой опыт в создании как универсальной платформы электротранспорта, так и платформы по разработке цифровых двойников,* – пояснил Алексей

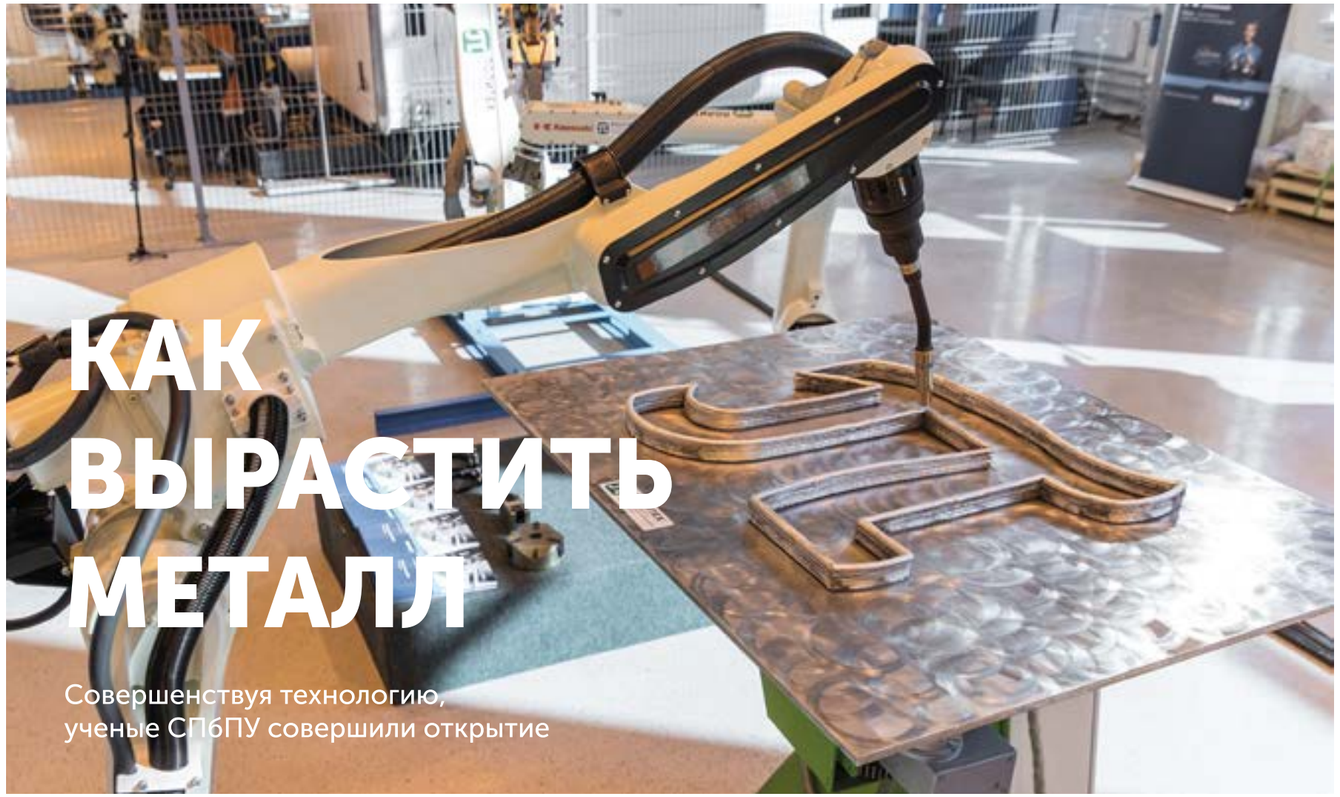
Боровков. – *Это, а также опыт и компетенции наших инженеров и предопределили успешное завершение проекта»*.

В «КАМА-1» частично использовались уже имевшиеся на мировом рынке комплектующие ведущих европейских и азиатских автопроизводителей. Однако подавляющее большинство деталей нового электромобиля – отечественные. Центр компетенций НТИ СПбПУ планирует совместно с российскими высокотехнологичными компаниями продолжить разработку компонентов электротранспорта, таких, например, как батареи и электродвигатели. Кроме того, их можно будет безопасно утилизировать и перерабатывать, давая им вторую жизнь.

Презентация электромобиля состоялась в присутствии министра науки и образования РФ Валерия Фалькова на VII ежегодной национальной выставке ВУЗПРОМЭКСПО-2020.

ВУЗПРОМ ЭКСПО 2020
VII ежегодная Национальная выставка

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого — традиционный участник ежегодной национальной выставки ВУЗПРОМЭКСПО



КАК ВЫРАСТИТЬ МЕТАЛЛ

Совершенствуя технологию, ученые СПбПУ совершили открытие

текст: Иван Ющенко

Наука нередко приносит сюрпризы и вознаграждает интересными и неожиданными результатами за упорный труд. В этом убедились ученые Лаборатории легких материалов и конструкций СПбПУ, когда поставили перед собой задачу отработать экономичный способ изготовления крупногабаритных конструкций методом трехмерного моделирования. Технология, которой они решили заняться, называется в англоязычной литературе WAAM – Wire Arc Additive Manufacturing, а по-русски «аддитивное производство методом дуговой сварки прутков» или просто и изящно – «электродуговое выращивание».

Принцип аддитивного метода, если изложить его в двух словах, такой: дуговая сварка, совмещенная с 3D-печатью. Печатающая головка, установленная на управляемом программой манипуляторе (промышленном роботе), наплавляет сначала на подложку (субстрат), а затем на предыдущие слои мелкие частицы расплавленного металла. И таким образом формируется – выращивается – изделие любой, самой сложной формы, поверхность которого затем достаточно довести до кондиции на станке с ЧПУ. Аддитивные технологии сегодня актуальны во всем мире и активно используются в авиа- и судостроении, в космической отрасли. В Голландии, правда, скорее, из соображений рекламы, чем необходимости, по аддитивной технологии изготовили железный пешеходный мост. Существует несколько разновидностей этого метода. Главная проблема большинства из них в довольно высокой стоимости оборудования и расходных материалов. Ее решение ученые из Политеха увидели в том, чтобы использовать стандартное оборудование для дуговой сварки и недорогой расходный материал.

Говорит Олег Панченко, кандидат технических наук, заведующий Лабораторией легких материалов и конструкций, директор Центра «Kawasaki-Политех»: **«Когда мы около пяти лет назад занялись этой темой, остановили свой выбор на дуговой технологии, поскольку она в разы дешевле лазерной, а сварочная проволока, как отечественная, так и импортная, во много – в 10-20 раз дешевле металлического порошка такой же массы».**

После того как принципиальная схема и используемое оборудование были определены, началось исследование различных режимов его использования. Было подготовлено специальное программное обеспечение для движения манипулятора по траектории послойного построения в материале цифровой модели. И отработаны оптимальные схемы работы сварочного оборудования.

Олег Панченко: **«Существуют предустановленные режимы работы оборудования, заданные производителем. Но мы решили их изменить. Прежде всего, потому, что это режимы сварочные: температуры, которые они задают, необходимы для плавления субстрата. Нам же достаточно было температуры плавления самой проволоки. Мы занялись подбором режимов силы тока и напряжения для электрической дуги. Плазма дуги – непростая вещь, на нее влияет много факторов. В результате мы вышли на оптимальные для нашей работы показатели».**

Ноу-хау позволило увеличить скорость прохода проволоки. Для сплава на основе алюминия, марганца и магния при изготовлении образцов деталей она составила 150 см/мин. Уменьшились количество подводимой энергии и количество выделяемого тепла, что сократило термическую деформацию, и еще одно следствие – уменьшился непродуктивный расход металла на разбрызгивание. Короче говоря, процесс оказался весьма быстрым, экономичным и энергоэффективным. Это был очевидный успех. Но впереди ученых ждал еще один важный результат.

Олег Панченко: **«Если говорить о самой разработке процесса, то это уровень изобретения. Но то, что показали материаловедческие исследования, тянет на открытие».**

Изменение характеристик электрической сварочной дуги, понижение исходной температуры изменили и скорость кристаллизации материала. И это мощно повлияло на его пластичность – способность без разрушения получать большие деформации. Пластичность определяется испытанием на растяжение, и выяснилось, что относительное удлинение полученных новым методом образцов при разрыве – 41%, тогда как стандарт для алюминиевого проката – 12%. И это значит, что выращенный с помощью электрической дуги материал сможет выдерживать более высокие нагрузки в течение более длительного времени.

Результаты работы научного коллектива по алюминиевым сплавам были опубликованы в 2020 году в авторитетном журнале “Materials & Design”. Но проводились эксперименты и с другими материалами, например с титаном и никелем. Эта технология в принципе позволяет работать с любым металлом в виде проволоки при наплавлении в защитном газовом потоке. Интересные новые перспективы ученые видят в кристаллизации металла при дополнительном принудительном охлаждении. Но о том, что это сулит, говорить еще рано. Это следующий шаг, а пока...

Олег Панченко: **«Мы сейчас находимся не только в мировом тренде, но с этой разработкой вышли вперед. И метод не остался в стенах лаборатории, им заинтересовались в промышленности. С одним из подразделений компании S7, самого серьезного игрока на рынке частных космических разработок в России – S7 R&D – мы работаем параллельно и в плотной связке».**

АНАТОЛИЙ ПОПОВИЧ: 3D-ПЕЧАТЬ ПРИШЛА В АТОМНУЮ ОТРАСЛЬ

Аддитивные технологии стали одним из динамично развивающихся направлений четвертой промышленной революции. Все больше крупных компаний включают 3D-печать в свой производственный цикл. Связано это с возможностью формирования качественно новых материалов с уникальными свойствами, а также создания изделий, которые невозможно изготовить традиционным способом. Этому способствовало улучшение качественных характеристик работы 3D-принтеров, увеличение производительности (скорости сборки) при снижении цены на них.

текст: Олег Путин

Эпидемия коронавируса заставила компании ускорить внедрение аддитивных технологий, так как глобальные логистические цепочки поставок разрушились, и необходимо было в кратчайшие сроки найти способ изготовления запчастей и комплектующих. Кроме 3D-печати, другой альтернативы не было.

Одним из перспективных направлений в материаловедении является создание материалов с эффектом памяти формы, которые при воздействии высоких температур или давления увеличиваются в размерах, а при отсутствии этих факторов возвращаются к прежней форме. Этот метод считается революционным прорывом: в нем совмещаются аддитивные технологии и новые материалы, обладающие уникальными управляемыми свойствами. Подобные материалы используются в атомной и авиакосмической промышленности, робототехнике и микросистемных технологиях, в технике, применяющейся в условиях критических температур, например в Арктике и Антарктике.

В России темой аддитивных технологий занимается Институт машиностроения, материалов и транспорта СПбПУ. Директор института Анатолий Попович, руководитель научной группы, рассказывает о новейших разработках и программе Росатома «Разработка и материаловедческое обоснование создания материалов и изделий на основе сплавов с памятью формы с управляемой структурой и пьезоэлектрической керамики с применением аддитивных 4D-технологий».

- ЧТО ТАКОЕ 3D-ПРИНТЕРЫ, МЫ ВСЕ УЖЕ ПОНИМАЕМ, А ЧТО ОЗНАЧАЕТ В НАЗВАНИИ ПРОЕКТА «АДДИТИВНЫЕ 4D-ТЕХНОЛОГИИ»?

- Сплавы с памятью формы на базе никель-титан хорошо себя зарекомендовали. С прошлого века они используются в медицине для изготовления стентов из нитинола при стентировании сосудов. Широко применяются в ВВС США в качестве муфт для соединения трубопроводов. Изготавливались они с использованием классических технологий. Относительно недавно стали использовать 3D-печать для изготовления изделий из этих сплавов. Так у технологов возник термин «4D-печать». Это означает использование трехмерной 3D-печати, при которой у материалов появляется еще одна степень свободы – возможность изменять свою геометрическую форму под воздействием внешних факторов, в частности температуры, если мы говорим о нитиноле. В зарубежной технической литературе их называют «умными материалами». К ним можно также отнести сплавы с пьезоэлектриками . Тема очень актуальная, поскольку позволяет реализовывать плюсы технологии 3D-печати и уникального сплава с памятью формы.

ГОНКА АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЯДЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Исследователи из разных стран независимо друг от друга начинают успешно применять аддитивные технологии в атомной промышленности. Например, в США по заказу Oak Ridge National Laboratory (ORNL) компанией Fabrisonic была создана управляющая пластина ядерного реактора. Реактор с высоким потоком изотопов состоит из горячей активной зоны, в которой находятся ядерные топливные стержни, окруженные регулируемыми металлическими панелями управления, которые содержат встроенные поглощающие радиацию материалы.

Компания Fabrisonic использовала технологию низкотемпературного ультразвукового аддитивного производства (UAM). При помощи 3D-печати была создана пластина из алюминиевого сплава со встроенными поглотителями радиации из тугоплавких металлов тантала и европия.

Пластины панели управления с поглотителями радиации являются дорогостоящими при изготовлении традиционными методами: комбинации порошковой обработки, сварки, прокатки, механической обработки. Технология UAM позволила печатать недорогие и надежные композитные изделия с высокой точностью, а также быстро и без брака, характерного для традиционных технологий.

ORNL утверждает, что проект успешно завершен, и появилась возможность для изготовления пластин высокоточного изотопного реактора (HFIR) использовать ультразвуковые аддитивные технологии (UAM).

Еще одним применением в атомной отрасли стала впечатанная по этой же технологии в металлические конструкции проводка, позволяющая передавать данные от реактора и других устройств к контрольным приборам, обеспечивая непрерывный поток данных в реальном времени.

Стремясь повысить безопасность ядерного топлива, Фонд коммерциализации технологий Министерства энергетики США и Национальная лаборатория штата Айдахо разработали инновационный процесс аддитивного производства сырья на основе урана (AMAFT).

В США компания GE Hitachi Nuclear Energy (GEH) получила $2 млн на проект аддитивного производства запасных частей для атомных электростанций. Аналогичный проект также осуществляется в Управлении по атомной энергии Великобритании (UKAEA).

Французский химический и машиностроительный концерн Air Liquide сконструировал 3D-печатный теплообменный реактор, который значительно повышает эффективность производства водорода за счет парового риформинга природного газа. Для этого тепло от избытка пара используется повторно и может передаваться между горячими технологическими потоками. По расчетам Air Liquide, усовершенствованный реактор снижает эксплуатационные расходы на 20% и выбросы углекислого газа на 12% по сравнению с существующей технологией.

Разработка реактора началась в 2015 году, компания получила $35 млн на исследования от фонда PIA, управляемого Bpifrance. Прототип прошел 3 000 часов пробной эксплуатации в исследовательском центре Air Liquide Paris Saclay research centre. По расчету исследователей реактор выйдет на промышленную стадию в конце 2020 – начале 2021 года.

pxhere

- ВЫ РАБОТАЕТЕ С ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫМИ СПЛАВАМИ?

- По заданию заказчика мы обратили внимание на поиск принципиально новых материалов с эффектом памяти формы. Подобный сплав связан с прямым и обратным мартенситным превращением. Как правило, если взять классический сплав нитинол, то превращение и весь эффект проявляются при температурах до 80-100°С. А в нашем проекте используются высокие температуры. Мы одними из первых в мире занялись высокоэнтропийными сплавами с эффектом памяти формы. Имеются только пионерские зарубежные исследования, но достоверные результаты еще не получены. Высокоэнтропийные – это, как правило, высоколегированные сплавы. Фишка в том, что легирующие элементы должны быть растворены в твердом растворе.

Другой пример. При вводе в железо определенного количества хрома и никеля получается нержавеющая сталь 1810. Легирующие элементы внедряются в атомную решетку железа. И в результате такой перестройки этот сплав получает новые уникальные свойства, то есть не подвержен коррозии, получается классическая нержавеющая сталь. Это пример, когда при внедрении в кристаллическую решетку легирующих элементов, которые находятся в твердом растворе, они придают металлу уникальные свойства. Высокоэнтропийные сплавы обладают уникальными механическими и технологическими свойствами: высокой износостойкостью, твердостью и так далее при хороших прочностных классических свойствах. В последнее время началось интенсивное внедрение этих сплавов. Ученые обратили внимание, что легированные сплавы также могут проявлять эффект памяти формы при температуре в несколько раз выше, чем у классического сплава нитинола. Учитывая мировой опыт, мы выбрали эти сплавы для исследования.

- КАКИЕ АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫ ПРИМЕНЯЕТЕ В ПРОЕКТЕ С РОСАТОМОМ?

- Сегодня мы сконцентрировались на нескольких технологиях. Преимущественно мы используем технологию селективного лазерного плавления (SLM) . Она значительно проще, не требуется постобработка изделий, либо она минимальна. В ряде исследований мы применяем технологию прямого электродугового выращивания, где в качестве расходного материала используется проволока. В этом случае процесс менее затратный, но качество поверхности более грубое, чем при SLM, поэтому требуется дополнительная, иногда очень затратная постобработка.

- КОГДА ПЛАНИРУЕТЕ ПРИСТУПИТЬ К СОЗДАНИЮ ИЗДЕЛИЙ И ИХ ИСПЫТАНИЯМ?

- Мы завершаем первый этап исследований. Это первый в России проект использования 4D-технологии. Наша задача – апробировать образцы, установить функциональные свойства полученных материалов. Когда мы закончим первый этап, получим качественные образцы и убедимся, что они по своим функциональным свойствам соответствуют техзаданию, начнется следующий этап – создание изделия.

На 2021 год у нас запланировано изготовление макетов. На них будем отрабатывать технологические вопросы, связанные с воздействием внешних факторов, конструкцией разрабатываемого элемента. Первые эксперименты, которые мы провели на полученных сплавах, показали обнадеживающие результаты. Даже наши партнеры-исследователи были удивлены. А ведь это только начало использования 3D-печати в атомной отрасли.

- С КАКИМИ ПРОБЛЕМАМИ СТОЛКНУЛИСЬ ВО ВРЕМЯ ИССЛЕДОВАНИЙ?

- В мире появляются исследовательские работы по материалам с памятью формы, но сегодня нет единого подхода к их проведению. Одна из главных проблем – у нитинола все эффекты перехода из одного состояния в другое (мартенситное превращение) меняют химический состав, в частности изменяется содержание никеля. А отклонение содержания этого элемента буквально на долю процента полностью меняет свойства сплава. Это установлено в западных лабораториях, а нами протестировано. При технологии SLM происходит плавка металлического порошка лазером и образуется сплав. Никель при этом частично испаряется, его доля в сплаве уменьшается. Этот процесс, как правило, неконтролируемый. Поэтому исследования ведущих университетов Европы и Америки дают разные результаты. Сегодня мы нашли способ, как контролировать этот процесс, овладели компетенцией мирового уровня. И в данный момент мы уже печатаем и испытываем образцы. И главное – получили положительный результат!

- ПОЧЕМУ РОСАТОМ ОТДАЛ ПРЕДПОЧТЕНИЕ ПЕТЕРБУРГСКОМУ ПОЛИТЕХУ В РАЗРАБОТКЕ УНИКАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ?

- По международному рейтингу THE-2019 (Engineering & Technology) наш университет по направлению «аддитивные технологии» (группа, которую я возглавляю) занял первое место в Европе. С большим отрывом (в три раза) мы обогнали по этому рейтингу университеты других городов России. Поэтому неудивительно, что в открытом конкурсе, проведенном Росатомом, мы стали первыми.

В институте собрана команда молодых ученых, прошедших стажировку в ведущих научных центрах США, Европы и Китая по этим направлениям. Мы проводим мониторинг научной и технической информации, поэтому знаем, что происходит на лучших мировых научных площадках, мы имеем достаточно мощную лабораторную технологическую базу. К нам приезжали специалисты из Милана, Турина, Дельфтского университета, из Германии. Они были поражены высоким уровнем оборудования Политехниче-

ского университета. Для того чтобы быть чуть выше мирового уровня, нужно иметь все компетенции в области аддитивных технологий, начиная от компьютерного моделирования и проектирования, технологии получения порошковых материалов, технологии различных типов 3D-печати: SLM, электродугового выращивания при помощи порошков и проволоки, а также 3D-печати керамики, и технологии последующей термообработки полученных материалов, и, наконец, технологии контроля качества. По сути дела, это весь комплекс производства и испытания изделий. Оборудование Миланского и Туринского университетов – признанных авторитетов в технологии 3D-печати – направлено на изучение узкого круга проблем. На сегодняшний день мы создали мощную экспериментально-технологическую базу по аддитивным технологиям. Мы контролируем все стадии – от процесса проектирования до производства. В этом наше преимущество. Поэтому мы – лидеры.

Одним из перспективных направлений в материаловедении является создание материалов с эффектом памяти формы, которые при воздействии высоких температур или давления увеличиваются в размерах, а при отсутствии этих факторов возвращаются к прежней форме. Этот метод использовался и ранее, но совмещение аддитивных технологий и новых материалов позволило создавать изделия, обладающие уникальными управляемыми свойствами. Подобные материалы используются в атомной и авиакосмической промышленности, робототехнике и микросистемных технологиях, в технике, работающей в условиях критических температур, например в Арктике и Антарктике. В разработке этой темы СПбПУ и является лидером.

- КАКИМИ ЕЩЕ ПЕРСПЕКТИВНЫМИ ТЕМАМИ ЗАНИМАЕТСЯ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ, МАТЕРИАЛОВ И ТРАНСПОРТА?

- Развивается мировой тренд перехода транспорта от двигателей внутреннего сгорания к электродвигателям. Для массового перехода от бензиновых и дизельных двигателей к электродвигателям, устанавливаемым на автомобилях и автобусах, необходимо снизить себестоимость изготовления литий-ионных аккумуляторов. Сделать это можно, заменив дорогостоящий и дефицитный катодный материал на основе кобальта на другой, более дешевый.

pxhere

Эта тема активно развивается в нашем институте параллельно с аддитивными технологиями. Ведется разработка научно-технологических основ создания новых видов нанокомпозиционных электродных материалов для литий-ионных полимерных аккумуляторов повышенной эффективности с применением функциональных покрытий. Полученный нами материал обладает повышенными эксплуатационными и функциональными характеристиками.

Мировым лидером по производству литий-ионных аккумуляторов является Китай. Там уже работают заводы по изготовлению электромобилей, электровелосипедов и самокатов. Это огромный рынок. У меня очень хорошие отношения с Китайской Народной Республикой, с моим учеником Ван Цин Шеном, который защитил кандидатскую диссертацию по теме литий-ионных аккумуляторов в Политехническом университете. Сейчас он возглавляет крупные компании Китая. Чуть более пяти лет назад мы вместе с ним создали совместную российско-китайскую лабораторию, которая финансируется компанией Ван Цин Шена. В Китае на этой площадке создан совместный институт, где мы разрабатываем материалы для литий-ионных аккумуляторов. Ученые ИММиТ в 2019 году прошли там стажировку. Теперь они продолжают разработку этой темы в Политехническом университете.

В этом проекте мы решаем три основные задачи. Во-первых, удешевление изготовления катодных материалов. Для этого разрабатываем новые нанокомпозиционные структуры. Во-вторых, увеличение ресурса батарей. Ведь чем выше ресурс батареи автомобиля, тем больше у него максимальный пробег без подзарядки. В-третьих, повышение безопасности. Многие производители аккумуляторов не афишируют эту проблему, но из сообщений прессы мы периодически узнаем, что взрываются изготовленные по традиционной технологии литий-ионные аккумуляторы смартфонов, автомобилей и других технических средств.

- КАКИХ УСПЕХОВ УДАЛОСЬ ДОСТИЧЬ?

- Сегодня наша компетенция связана не с технологией изготовления аккумуляторов, а с разработкой наноструктурированных катодных материалов для литий-ионных аккумуляторов. У нас очень много патентов в этой области. Мы одними из первых стали призерами международного мегагранта по высоким технологиям, успешно провели исследования в рамках этого гранта и отчитались в Минобрнауки. Грант подтвердил компетенции нашего университета в этой области.

Один из практических примеров успешной работы – разработка литий-ионных аккумуляторов для грузовых автомобилей КАМАЗ. В данном проекте разрабатывается структура и управление тяговой аккумуляторной батареи с использованием литий-ионных ячеек с высокой плотностью энергии, в результате в аккумуляторной батарее количество запасаемой энергии составляет порядка 170 Вт • ч/кг, что соответствует мировому уровню. Например, в компании Tesla плотность энергии тяговой батареи – 178 Вт • ч/кг. Этих показателей удалось достичь благодаря тесной кооперации с моим учеником Ван Цин Шеном, который уже более 20 лет погружен в данную тематику.

Очень важными являются работы по созданию безопасных литий-ионных аккумуляторов. В основу данной технологии, разработанной нами совместно с КНР, положены разработки Ван Цин Шена, признанного мировым авторитетом в этой теме. Прежде всего, решена проблема безопасности: если разрезать разработанную им литий-ионную аккумуляторную ячейку ножом, то ток есть, а короткого замыкания нет. Пробиваем гвоздем пластину с помощью молотка – дырка есть, ток есть, а замыкания нет. Даже при краш-тесте автомобиля аккумулятор не вызовет замыкания и взрыва.

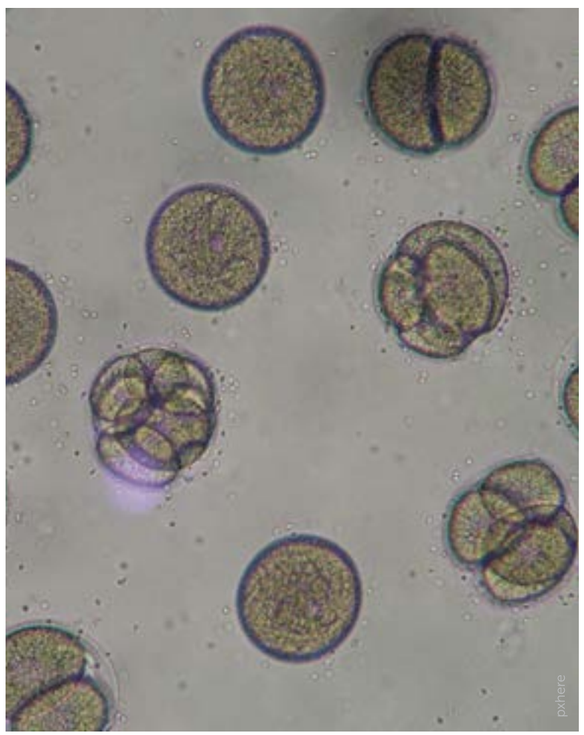
Так, благодаря ученым Политехнического университета, аддитивные технологии входят в нашу повседневную жизнь и становятся необходимым элементом производства. Они позволяют создавать уникальные изделия, которые традиционными методами изготовить невозможно.

ТЕХНОЛОГИИ

Регенеративная медицина: будущее уже наступило?

Глядя на то, какие смелые, почти фантастические эксперименты проводят сегодня ученые, появляется надежда, что уже совсем скоро можно будет вырастить новые почки, сердце или сосуды. Рассказываем о наиболее перспективных проектах.

pxhere


pxhere

текст: Екатерина Богданова

Совсем недавно, около десяти лет назад, появилась регенеративная медицина. В ее арсенал вошли стволовые клетки, тканевая инженерия и 3D-печать. Традиционная медицина нацелена на регуляцию живых клеток – лекарства тормозят или ускоряют какие-либо процессы, а регенеративная медицина предполагает выращивание тканей и органов, которые погибли или не восстанавливаются в организме.

3D-биопечать – это процесс создания клеточных шаблонов в ограниченном пространстве с послойным их выращиванием и сохранением функционирования клеток в печатной конструкции. Биопринтеры способны создавать функциональные биологические структуры, предназначенные для восстановления, поддержания или замены существующей ткани или органа. Как можно догадаться, это непростой процесс, поскольку ткани человека чрезвычайно сложны как по структуре, так и по составу. В мире существуют разные методы биопечати. Самый распространенный – процесс, при котором вязкий материал – биочернила – экструдируется и наносится слой за слоем. Биочернила состоят из клеток и агентов-носителей. Чаще всего это биополимерный гель, работающий как трехмерный каркас.

Итак, рассмотрим самые перспективные мировые многообещающие проекты 3D-печати органов.

ЗАПАТЕНТОВАНА ТЕХНОЛОГИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЧЕНЬ СПЕЦИФИЧЕСКОГО СОСТАВА РАЗЛИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВНЕКЛЕТОЧНОГО МАТРИКСА, КОТОРЫЕ ТОЧНО ВОСПРОИЗВОДЯТ СВОЙСТВА СЕРДЦА МЛЕКОПИТАЮЩИХ. ПРОЩЕ ГОВОРЯ, ИСПОЛЬЗОВАНЫ СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ ЖИВОТНЫХ. ЭТО ЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ ШАГ НА ПУТИ К ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ СЕРДЦА В НАТУРАЛЬНУЮ ВЕЛИЧИНУ, ПРИГОДНОГО ДЛЯ ТРАНСПЛАНТАЦИИ.

Почки: самый сложный орган

Если объявить среди органов конкурс на самый необходимый орган для трансплантации, то почки, пожалуй, могут претендовать на первое место. Только в США за последние 30 лет операций по трансплантации почек было выполнено больше, чем операций со всеми другими органами. Получается, что почки – самая подходящая кандидатура для серийного производства. Но есть небольшая проблема: среди всех органов, потенциально подходящих для трехмерного изготовления, именно почка – самая сложная. Ни одна технология в мире не может имитировать архитектурную сложность этого органа. Кроме того, еще одно препятствие, понятное для специалистов, – отсутствие контролируемых систем распределения клеток и депонирование клеток с высоким разрешением для васкуляризации и иннервации. Сложно? Попробуем разобраться.

Исследователи из Гарвардского университета (лаборатория Льюиса) в 2016 году разработали новый метод биопечати, который позволил со-

здать небольшие сегменты нефрона, называющиеся «проксимальные канальца». Нефроны – это основная структура почек, отвечающая за фильтрацию и поглощение питательных веществ из крови. В почках человека их содержатся миллионы. Эта разработка была важна для скрининга лекарств, моделирования заболеваний и, в итоге, инженерии органов почек.

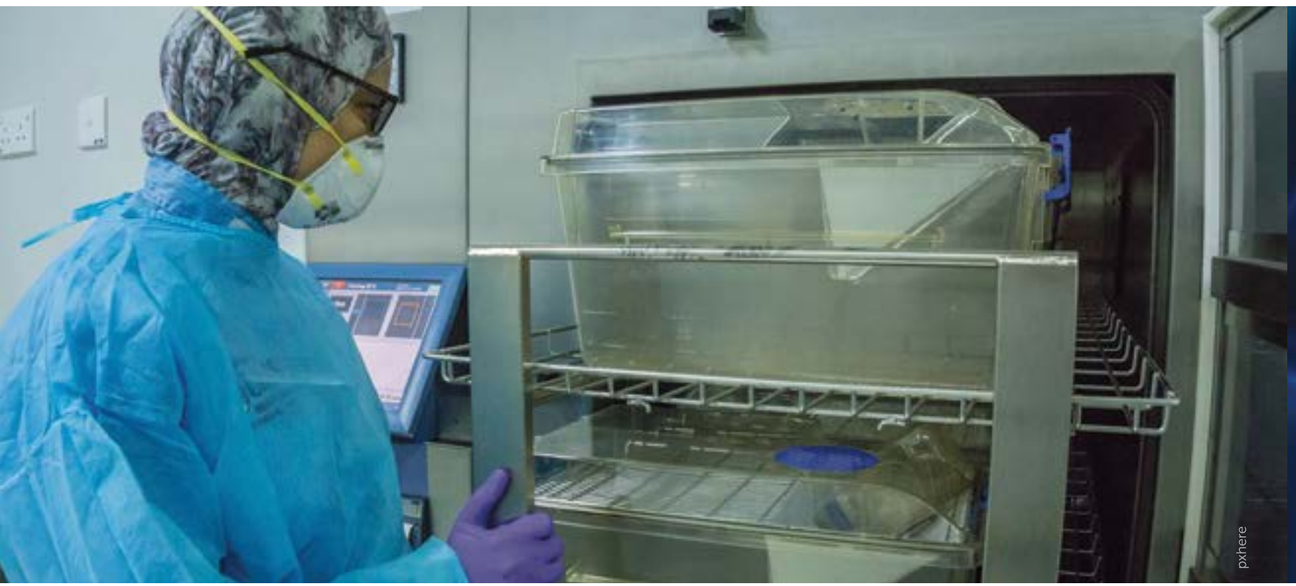
Спустя три года исследовательская группа лаборатории взяла новую планку: по результатам исследований в марте 2019 года вышла статья «Почечная реабсорбция в трехмерных моделях васкуляризированных проксимальных канальцев». Основной месседж ученых – изготовление микрокровеносного сосуда, который проходит бок о бок с проксимальным канальцем. Это позволяет воссоздать активную реабсорбцию растворенных веществ через трубчато-сосудистый обмен. Проще говоря, это означает, что обмен питательными веществами между кровеносными сосудами и структурами нефронов может быть воспроизведен в тканях, напечатанных на 3D-принтере.

Еще дальше пошел Институт регенеративной медицины Уэйк Форест (Уинстон-Салем, Северная Каролина). Ученые института успешно вырастили клетки почек, которые позже были имплантированы животным. В результате эти клетки сформировали структуры почек и даже частично смогли функционировать в «мини-почке». Институт Уэйк Форест использовал модифицированный настольный струйный принтер для создания трехмерных структур с выращенными клетками. В 2016 году успешно распечатали структуры живых тканей на специально разработанном учеными института 3D-биопринтере. С помощью этого оборудования доктор Энтони Атала и его команда смогли создавать уникальные биоматериалы. Следующим шагом была 3D-печать структурированной модели почки. Хотя это всего лишь макроструктура, или прототип, но он может стать первым шагом на пути к созданию полностью функциональной почки.

Кроме того, исследователи института работают над еще одним подходом к лечению хронических заболеваний почек. Доктор Атала и его коллеги показали, что жидкие стволовые клетки, введенные в больную почку, могут улучшить ее функционирование.

В 2019 году американская компания по биопечати Organovo объявила об успешном автоматизированном процессе производства органоидов почек с помощью собственной платформы для биопечати – принтера Organovo NovoGen. Это позволило печатать самоорганизующиеся структуры на основе стволовых клеток, которые можно производить в больших количествах и относительно быстро, что позволит лечить реальных пациентов с хроническим заболеванием почек.

В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ ТРЕБУЮТ РЕШЕНИЯ ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ, ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ В ОБЛАСТИ ТКАНЕВОЙ ИНЖЕНЕРИИ, И ТОЛЬКО ПОСЛЕ ЭТОГО ВОЗМОЖНА ОТДЕЛЬНАЯ, ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ РАЗРАБОТКА КОНКРЕТНОГО ОРГАНА. К НАСТОЯЩЕМУ ВРЕМЕНИ МЫ ПРИБЛИЗИЛИСЬ К РЕШЕНИЮ БОЛЬШИНСТВА ТАКИХ ВОПРОСОВ.


pxhere

pxhere

Печень: 90 дней для полного цикла 3D-биопечати

Бич, охвативший добрую четверть человечества, – потребление фастфуда, пристрастие к жирной пище и малоподвижный образ жизни. Все это провоцирует неалкогольную жировую болезнь печени (НАЖБП). Для этой химеры XXI века характерно чрезмерное накопление жира в клетках печени, часто болезнь начинается бессимптомно, но может прогрессировать до фиброза (рубцевания) печени, цирроза и рака.

Бразильские исследователи из Университета Сан-Паулу сообщили об успешной биопечати миниатюрной печени в конце 2019 года. Эти органоидные структуры были взяты из клеток крови человека и выполняли функции печени, такие как производство белков, накопление витаминов и даже выделение желчи. По словам исследователей, весь процесс занял около 90 дней: от сбора крови пациента до окончательного созревания «мини-печени».

И опять вернемся к ученым из Organovo, которые осуществили 3D-биопечать участков ткани печени, а в 2018 году имплантировали их живым мышам. Результаты эксперимента были успешны – сохранность тканей и их функциональность были подтверждены через месяц после имплантации. Частичная трансплантация печени человека намечена на 2021 год.

pxhere

Сердце: цель совсем близко

Сердечно-сосудистые заболевания – проблема номер один в мире, вызывающая треть всех летальных исходов. Но есть и хорошая новость: воссоздать этот орган легче всего, потому что он не задействует никаких сложных биохимических реакций.

В 2018 году исследовательская группа американского научно-исследовательского института регенеративной медицины Wake Forest (WFIRM) заявила, что с помощью клеток, взятых у мышей, реализовала трехмерную биопечать функциональной сердечной ткани.

Исследователи из Школы молекулярной клеточной биологии и биотехнологии Тель-Авивского университета (TAU) в 2019-м году потрясли мир известием о первом в мире полностью васкуляризированном «мини-сердце» человека, напечатанном на 3D-принтере. Сердце было создано с помощью биопечати из человеческих клеток, взятых у пациента, и гелей-носителей. Команда TAU сейчас работает над созреванием сердечных клеток и их полной функциональностью.

Чикагская биотехнологическая компания BIOLIFE4D в сентябре 2019 года сообщила об успешной разработке – 3D-биопечати миниатюрного человеческого сердца. «Мини-сердце» один в один повторяет наше сердце, состоящее из четырех камер, сокращающееся, пульсирующее, живое. Запатентована технология с использованием очень специфического состава различных соединений внеклеточного матрикса, которые точно воспроизводят свойства сердца млекопитающих. Проще говоря, использованы стволовые клетки животных. Это значительный шаг на пути к цели создания сердца в натуральную величину, пригодного для трансплантации. Разработки велись в исследовательском центре компании JLABS в Хьюстоне под руководством доктора Рави Бирла. «Мы прошли этот путь: от напряженной работы нашей команды до запатентованной технологии, от возможности создать с помощью технологии 3D-биопечати сердечную ткань человека прошлым летом до "мини-сердца" с полной структурой сегодня, – сказал доктор Рави Бирла, главный научный сотрудник

pxhere

BIOLIFE4D. – Инновационный процесс 3D-биопечати нашей компании обеспечивает возможность перепрограммировать собственные клетки крови (белые) пациента в iPS-клетки, а затем дифференцировать эти iPS-клетки в различные типы сердечных клеток, необходимых для 3D-биопечати отдельных компонентов кардиальной системы и, в конечном итоге, человеческого сердца, предназначенного для трансплантации. Это означает, что BIOLIFE4D может успешно выполнять трехмерную биопечать, используя сердечные клетки, полученные из их собственных iPS-клеток, для создания живых жизнеспособных конструкций. Мы считаем, что находимся на передовой биоинженерии сердца – области, получившей стремительное развитие в последнее время. Наша цель – 3D-биопечать полноценного человеческого сердца, пригодного для трансплантации».

Пока это миниатюрное сердце не способно переживать большие человеческие эмоции, да и пересадить его человеку пока невозможно, но оно прекрасно подойдет для тестирования лекарств и изучения и диагностики заболеваний.

Владимир Юдин

Сосуды тоже можно поменять

В Санкт-Петербурге выращиванием искусственных сосудов занимается Научно-исследовательская лаборатория «Полимерные материалы для тканевой инженерии и трансплантологии» СПбПУ. Рассказывает заведующий лабораторией Владимир Юдин.

- В СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ ХИРУРГИИ ОБЫЧНО ИСПОЛЬЗУЮТСЯ СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПРОТЕЗЫ. ДЛЯ КАКИХ ЦЕЛЕЙ ПОНАДОБИЛАСЬ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ?

- В большинстве стран мира первое место в структуре смертности продолжают занимать болезни сердечно-сосудистой системы. Основным методом их лечения является хирургическое вмешательство, в ходе которого протезируют или шунтируют пораженные сосуды. Пластический материал требуется и пациентам, получающим гемодиализ. В настоящее время для этих целей используют синтетические протезы или аутоматериал. Применение первых ограничено диаметром шунтируемых артерий до 5 мм и, кроме того, в растущем организме ребенка, например, параметры синтетических протезов не меняются (не подвергаются ремоделированию), и это является причиной повторных операций в детской кардиохирургии. С другой стороны, недостаточно количество аутовенозного материала, особенно если речь идет о повторных операциях или шунтировании нескольких артерий. Возможным решением указанных проблем является создание тканеинженерного сосудистого имплантата на основе синтетических или природных полимерных материалов.

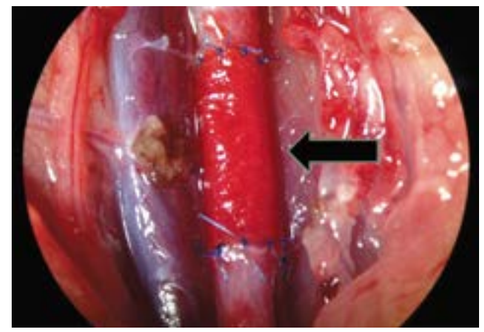
- С КАКИМИ ТРУДНОСТЯМИ СТОЛКНУЛИСЬ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИСКУССТВЕННОГО СОСУДА?

- Во-первых, необходимо было собрать мультидисциплинарную команду, состоящую из специалистов в области полимерных технологий, биологов, врачей, патоморфологов и так далее. Во-вторых, требовались разработка и изучение фундаментальных вопросов, касающихся каждого этапа создания искусственного сосуда. Таким образом, с каждым новым шагом приходилось искать ответы на множество принципиальных вопросов.

Искусственный сосуд на основе полимерных материалов должен стать, насколько это возможно, практически копией естественного (трехслойная структура, способность к спазму или дилатации в ответ на нейрогуморальное воздействие со стороны организма реципиента) — только в этом случае проблема повторных операций будет полностью решена.

- ЕСТЬ ЛИ ЗАРУБЕЖНЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ СОСУДОВ?

- В настоящее время проводится огромное количество работ в различных странах по созданию нового пластического материала для сердечно-сосудистой хирургии с использованием различных подходов, в том числе тканевой инженерии с использованием биополимеров и клеточных технологий. В Японии и США уже сейчас проведены первые клинические испытания полученных образцов с довольно обнадеживающими, но все еще не идеальными результатами.



Трансплантированный биорезорбируемый протез аорты

- В ЛАБОРАТОРИЯХ США И ЕВРОПЫ ВЕДУТСЯ РАЗРАБОТКИ ПО ВЫРАЩИВАНИЮ ИСКУССТВЕННОГО СЕРДЦА, ПОЧЕК, ПЕЧЕНИ, КОЖИ И УШЕЙ. КАКОВЫ ПЕРСПЕКТИВЫ В ЭТОМ НАПРАВЛЕНИИ У НАШИХ УЧЕНЫХ?

- Разработка каждого отдельного органа требует решения целого ряда проблем. Универсального решения для всех тканей не существует, потому что каждый орган по-своему уникален, обладает оригинальными строением и функцией. Поэтому в первую очередь требуют решения принципиальные, фундаментальные вопросы в области тканевой инженерии, и только после этого возможна отдельная, последовательная разработка конкретного органа. К настоящему времени мы приблизились к решению большинства таких вопросов.

- СЕЙЧАС ПРОВОДЯТСЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ НА ЖИВОТНЫХ. КОГДА ПЛАНИРУЕТСЯ ПЕРЕЙТИ К КЛИНИЧЕСКИМ ИСПЫТАНИЯМ?

- К клиническим испытаниям мы приступим только после получения убедительных результатов, а именно, когда будет получен тканеинженерный сосудистый имплантат, обладающий строением, максимально приближенным к естественному сосуду, и надежными механическими свойствами. Безопасность такого нового пластического материала должна быть доказана в длительных опытах на животных.

Внешний вид сосудистого имплантата малого диаметра (~1,5 мм) на основе полимерных материалов

- КАКИЕ МЕРЫ ПРЕДПРИНИМАЮТСЯ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТАКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ, КАК АНЕВРИЗМА АОРТЫ, ПОСЛЕ ВЖИВЛЕНИЯ МАТРИЦЫ В ОРГАНИЗМ?

- Решение проблемы образования аневризм в искусственном сосуде заключается в том, что необходимо полностью воссоздать строение естественного сосуда, средний слой которого отвечает в том числе за прочность сосудистой стенки. Дополнительной мерой может стать использование полимерных трубчатых матриц, состоящих из двух полимеров. Например, внешний слой такой матрицы может быть выполнен из биостабильного или биорезорбируемого в течение длительного времени полимера, что позволит предотвратить появление аневризмы на ранних стадиях восстановления сосудистой стенки. Второе решение заключается в равномерном распределении волокон двух типов полимеров (биорезорбируемый и биостабильный) в стенке матрицы. В настоящее время нашей командой изучаются оба подхода.

БИОМАТЕРИАЛЫ: НАНОМИР, КОТОРЫЙ ВСЕГДА ПОД РУКОЙ

Нанотехнологии постепенно проникают в жизнь человека. Михаил Бабенков рассказывает, как устроены и работают вещи, которыми мы начинаем пользоваться уже сейчас, часто и не подозревая, что они «нано».

pxhere

Многие успешные разработки начинались с заимствования принципов, обнаруженных исследователем при наблюдении за живой природой. Наноматериалы не стали исключением. С той лишь поправкой, что в оптический микроскоп нельзя разглядеть наночастицу, да и вообще любой объект в нанометровом разрешении. Дела пошли в гору только после изобретения электронного микроскопа в 30-х годах прошлого века. Его разрешение позволило заглянуть в глубины материала, которых, буквально, не достигает свет.

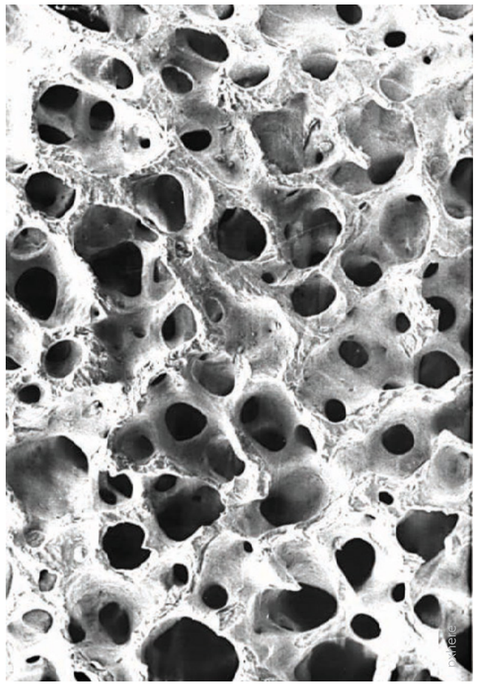
Про кости

Биоматериалы вызывают интерес потому, что они гораздо, раз в десять, прочнее (устойчивее к разрушению), чем их составляющие по отдельности.
А хитрость тут во внутренней структуре, обеспечивающей эффективную совместную работу компонентов кости. Таким образом, материал тоже можно воспринимать, как протяженную инженерную конструкцию, только созданную на масштабном уровне, который недоступен невооруженному глазу.

Кость состоит из гидроксиапатита (hydroxyapatite) и коллагена (collagen). Коллаген – эластичный, прочный на растяжение материал, белок, составляющий основу соединительной ткани организма. Гидроксиапатит – минерал, обладающий большой твердостью, прочный на сжатие и при этом хрупкий. Твердость и прочность – это часто взаимоисключающие свойства: ради одного из них приходится жертвовать другим. Как же природа выходит из этой ситуации?

Кость построена из коллагеновых волокон, которые называются фибриллами. Фибриллы, скорее, напоминают канаты, которые свиты из молекул коллагена, или просто многократно скрученные нити. В них «вплетены» нанокристаллы того самого гидроксиапатита. Кристаллы гидроксиапатита похожи на тонкие прямоугольные параллелепипеды с соотношением сторон порядка 50x25x3 нанометра. Вот почему такой материал имеет все основания называться нанокомпозитом! Да, действительно, природа изобрела и начала использовать нанокомпозиты гораздо раньше человека. Кстати, одним из первых нанокомпозитов, который начал изготавливать и использовать человек, может считать-

ся цветное витражное стекло, которое применялось для украшения средневековых соборов. Его цвет определяется нановключениями металлов — золота и серебра, которые влияют на оптический спектр поглощения стекла.



Гидроксиапатит

Гидроксиапатит – настоящая звезда биомедицины. Наночастицы гидроксиапатита добавляют в зубные пасты с целью реминерализации поврежденной зубной эмали. Ведутся исследования по разработке систем доставки лекарственных средств (drug delivery) на основе нанокристаллов гидроксиапатита в заданную область организма, такой областью может являться поврежденная костная ткань или раковая опухоль. Тут геометрическая форма кристаллов гидроксиапатита играет решающую роль, обеспечивая довольно большую площадь поверхности по сравнению с кристаллами других форм. А чем больше площадь, тем больше лекарственного препарата может на ней поместиться. Стоит отметить, что методы доставки лекарственных средств чрезвычайно разнообразны, наиболее перспективными из них в Политехническом университете занимается Лаборатория микрокапсулирования и управляемой доставки биологически активных соединений Института биомедицинских систем и биотехнологий.

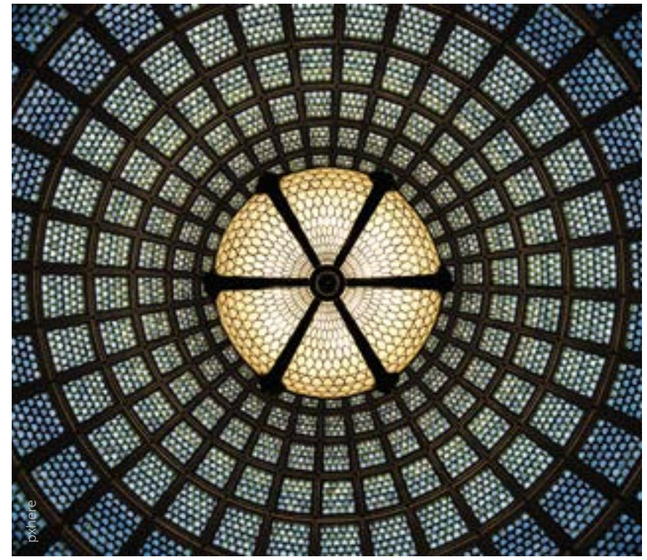
И конечно же, гидроксиапатит используется для создания биосовместимых керамик: прочных, незаметных для иммунной системы материалов, и, кроме того, обладающих одним особенно интересным свойством — остеоиндуктивностью. Костные трансплантаты, изготовленные из остеоиндуктивного материала, будут постепенно заселяться клетками организма, пока не станут неотличимы от «живой» кости.

Механика прочности

За прочность кости отвечают так называемые механизмы упрочнения. Представим себе, что что-то пошло не так, как запланировано. Тогда по кости начинает распространяться трещина. На самом деле кость делает всё, что от нее зависит, чтобы минимизировать работу врачей в травмпункте. Ее свойства немедленно начинают меняться: под действием напряжений раскручиваются нити минерализованного коллагена, а также нити одних волокон коллагена сдвигаются относительно других, что приводит (и часто всего лишь!) к пластическим деформациям костной ткани в окрестности вершины трещины, вместо разрушения всей кости или образования осколков.

Только что был описан «внутренний» механизм упрочнения. Однако существует еще и «внешний». Дальнейшему раскрытию трещины препятствуют волокна коллагена, соединяющие ее берега. Укладка коллагеновых волокон мешает трещине распространяться по прямой, отклоняя и закручивая ее: неоднородная структура кости пытается повернуть трещину вспять. Ведь перелом куда менее приятная вещь, чем трещина или даже небольшой осколок.

Как писал известный ученый-генетик Ф.Г. Добржанский: «Ничто в биологии не имеет смысла, кроме как в свете эволюции». Тогда одним из наиболее простых ответов на вопрос «Почему костная ткань устроена именно так, а не иначе?» будет «Потому что обладатели другой, менее совершенной ее структуры, не дожили до наших дней». Физика помогает дать более развернутый ответ на этот и подобные ему вопросы.



ОДНИМ ИЗ ПЕРВЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ, КОТОРЫЙ НАЧАЛ ИЗГОТАВЛИВАТЬ И ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЧЕЛОВЕК, МОЖЕТ СЧИТАТЬСЯ ЦВЕТНОЕ ВИТРАЖНОЕ СТЕКЛО, КОТОРОЕ ПРИМЕНЯЛОСЬ ДЛЯ УКРАШЕНИЯ СРЕДНЕВЕКОВЫХ СОБОРОВ.

Бамбук

Кость и бамбук довольно похожи по своей структуре. Различия в исходных материалах. В бамбуке вместо коллагена — целлюлоза, и в нем нет твердых нанокристаллов для придания всей конструкции большей жесткости.

При этом у растения, похоже, не меньше эволюционных причин быть несгибаемым. Увеличить свою способность сопротивляться изгибу (изгибную жесткость) и при этом использовать минимум материала, чтобы не прогибаться под собственным весом, стеблям бамбука помогает внутренняя полость. Ведь цельный прут согнуть проще, чем полую трубку из такого же количества материала. Нужно будет, правда, подобрать ее внутренний радиус так, чтобы такая трубка не помялась под действием внешней нагрузки раньше, чем согнется. Более того, стенки этой самой бамбуковой трубки также состоят из трубок меньшего размера, диаметр которых уменьшается к краю ствола — это еще один способ повысить общую изгибную жесткость всей конструкции.

Моллюски и перламутр

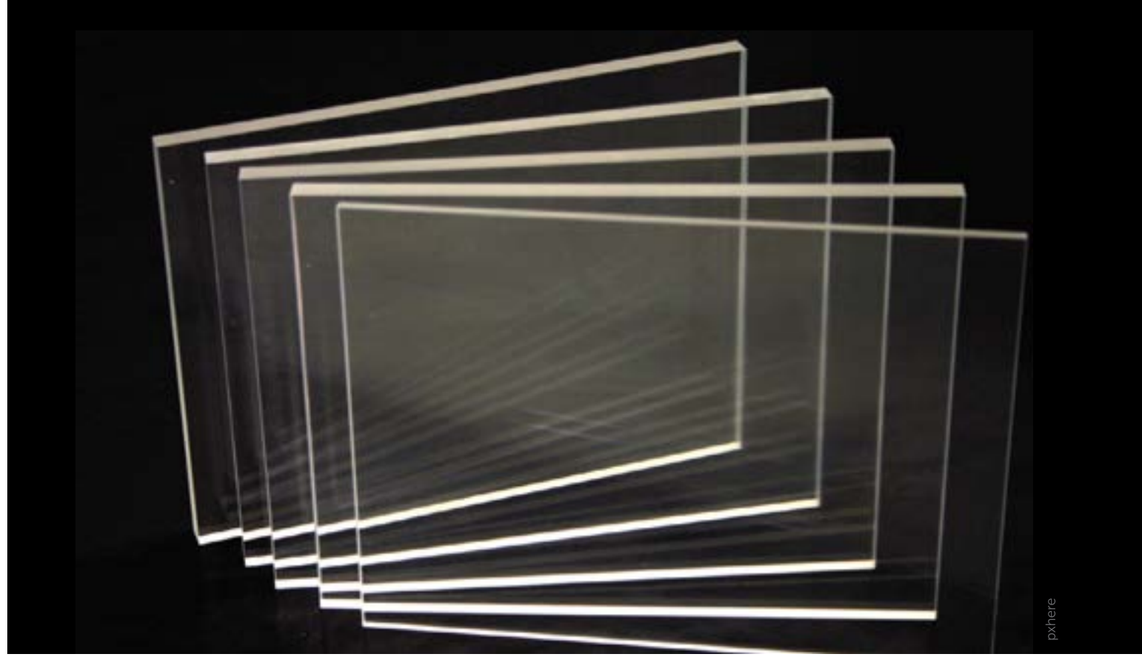
Перламутр выстилает раковину моллюска изнутри. Он нужен моллюску, чтобы хищник не проник в его жилище и не съел его у него же дома.

Этот материал, по-видимому, вдохновил наибольшее количество исследователей к созданию похожих на него нанокомпозиционных материалов, например, для производства бронежилетов. И все потому, что он устроен относительно просто и при этом в тысячу раз прочнее основного своего компонента.

Перламутр состоит из тонких слоев твердого кристаллического арагонита, толщина которого составляет 200-500 нанометров. Пластинки арагонита склеены между собой вязкой смесью хитина и протеинов толщиной всего 20-50 нанометров.

Основной механизм упрочнения, характерный для перламутра, выглядит следующим образом: значительная часть энергии, которая могла бы пойти на то, чтобы сломать или повредить перламутровый панцирь моллюска (или жемчужину), уходит на сдвиг большого числа арагонитовых пластинок относительно друг друга. Поскольку они прослоены вязкой смесью, то это довольно энергозатратный процесс, в результате которого часть энергии рассеивается в виде тепла. То есть «упрямый» перламутр вместо того, чтобы сломаться под нагрузкой, перестраивает свою внутреннюю структуру и нагревается.

ЕСТЬ ДАННЫЕ, СВИДЕТЕЛЬСТВУЮЩИЕ О ТОМ, ЧТО КОНЦЕНТРАЦИЯ ФУЛЛЕРЕНОВ, ДАЖЕ МЕНЬШЕ 1 %, ПРИНЦИПИАЛЬНО МЕНЯЕТ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ.



Под большим увеличением перламутр немного напоминает кирпичную кладку. Часто можно видеть, что трещина, появившаяся в кирпичной стене, заворачивает в сторону, отклоняясь от того направления, вдоль которого она двигалась вначале. Поворот трещины возможен благодаря неоднородной структуре кирпичной кладки или перламутра: пластины арагонита – «кирпичи», чередуются со скрепляющим их хитином — «цементирующим раствором». Таким образом, если трещине все-таки хватает энергии, чтобы распространяться в слое перламутра, то материал «попытается» повернуть ее в сторону, сохраняя больше ценных частей моллюска прикрытыми остатками панциря.

Общее место костей и перламутра — это чередование твердых и эластичных включений, достаточно малых, чтобы в масштабах приложенной нагрузки они работали сообща, а не поодиночке. В этом заключается расчет: прочность материала никогда не будет больше прочности его компонент, если вся нагрузка придется лишь на один из структурных элементов. Сосредоточенная нагрузка может легко разрушить нанокомпозит, другое дело, что для того, чтобы такую нагрузку создать, потребуется инструмент размеров, сопоставимых с размерами его структурного элемента.

Путь к искусственному

Командная работа включений затрудняет распространение трещины внутри материала, поскольку часть энергии затрачивается на изменение взаимного расположения твердых элементов внутри эластичной матрицы и их обход трещиной по искривленной траектории вместо того, чтобы распространиться в материале кратчайшим путем. Однако аккуратно укладывать слоями пластинки, как в перламутре, чтобы добиться нужного эффекта или, тем более, хитро закручивать, как в костной ткани, – довольно непростое занятие, особенно в масштабах порядка нескольких десятков нанометров. Как же быть?

Всегда можно поставить эксперимент: добавить твердых нановключений различной формы во что-нибудь достаточно плотное и вязкое, и посмотреть, что получится в результате. Стоит отметить, что внесение наноразмерных частиц в материал — это не самый простой процесс. Нановключения нужно тщательно распределить по материалу так, чтобы не осталось неоднородностей, наличие которых нежелательным (а иногда и плохо предсказуемым) образом отразится на качестве конечного продукта. Для получения однородной структуры используют высокочастотные вибростолы или обработку материала трением с перемешиванием.

Нановключения могут иметь различную форму: например, сферическую или нитевидных кристаллов, причем последние, как показывает ряд экспериментов, эффективнее. Добавляются они в различных соотношениях – от 3 до 5% от массы материала. Конкретным примером нанокомпозита может служить PMMA/Al_2O_3 – нановключения частиц оксида алюминия в полиметилметакрилатной матрице. Широкую известность у исследователей имеют и аналогичные материалы, такие как PMMA/ZrO_2 и PMMA/TiO_2, где вместо оксида алюминия используется оксид циркония или титана. Полиметилметакрилат (ПММА) или «органическое стекло» – очень популярный материал, из него изготавливают огромный спектр различных изделий: от иллюминаторов для глубоководных батискафов, выдерживающих сверхвысокое давление водных толщ, до дизайнерской обуви. Как результат внесения наночастиц, трещиностойкость итогового нанокомпозита оказывается на порядок (в 10 раз) выше, чем трещиностойкость алюминия и ПММА по отдельности, так и их «простой» смеси.

3D-печать

Экструзионные 3D-принтеры используют самые разнообразные филаменты (пластики, предназначенные для печати), правда, ни один из них не в состоянии обеспечить конкуренцию с литыми или штампованными деталями. Чтобы приблизиться к качеству, которое может дать литье, механические свойства используемого пластика должны быть значительно улучшены. Этого возможно достичь за счет добавления нановключений. Работы по созданию новых филаментов ведутся в одной из лабораторий Научно-образовательного центра (НОЦ) «Биомеханика и инженерно-медицинские системы и технологии». Разрабатываемый здесь филамент является нанокомпозитным материалом, а своими многообещающими прочностными свойствами он обязан включениям фулерена и углеродных нанотрубок.

Про экспериментальные материалы рассказывает координатор проекта Михаил Сперанский.

- В руках вы держите шпильку. Это литье на термопластавтомате. Ее невозможно сломать, она даже не гнется! Как вы видите, это необычный полимер. АБС или, например, полилактид сломался бы. Но здесь мы видим изделия, сопоставимые по некоторым свойствам с алюминием. Почему это так? Если взглянем под увеличением, там, где скол, увидим встроенные в матрицу полиимида волокна углерода длиной 350 микрон. Они похожи на ворсинки в шерстяном свитере. Это и есть углеродное волокно. Хотелось бы, чтобы ворсинки были более прямые, здесь они немного деформировались. Укладка волокон — это большая проблема, ее мы сейчас пытаемся решить.

- А ЧТО НАСЧЕТ НОВЫХ ФИЛАМЕНТОВ С ДОБАВКАМИ?

- Нас интересует создание новых композиционных материалов. Есть два направления. Первое направление – это разработка полимерных композитов с добавлением модифицированного волокна. Сырье нам поставляет Институт высокомолекулярных соединений РАН. Задачей нашей группы является произвести гранулят, который потом может быть использован как для термопласт-формовки, так и для аддитивных технологий. Из него можно вытянуть филамент для 3D-принтера.

- КАКИМИ СВОЙСТВАМИ ОБЛАДАЕТ ЭТОТ МАТЕРИАЛ?

- Он хорошо поглощает электромагнитное излучение, не магнитится, работает при температуре от -190 ^{0}C до +300 ^{0}C и выше, устойчив к коррозии. Если мы говорим про соленую воду, то зоной эксплуатации может быть, например, шельф. По прочности материал сопоставим с металлом.

- В ЧЕМ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ ПРЕИМУЩЕСТВО МАТЕРИАЛОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ ФУЛЛЕРЕНОВ?

- Есть данные, свидетельствующие о том, что концентрация фуллеренов, даже меньше 1%, принципиально меняет свойства материалов. Например, в каучуке и резинах до 30% может улучшиться устойчивость к разрыву, износу и истираемости.

Михаил Сперанский

- ГДЕ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ СЕЙЧАС 3D-ПЕЧАТЬ И ЧТО ОЖИДАТЬ ОТ НЕЕ В БУДУЩЕМ?

- На данный момент поле применения аддитивных технологий ограничивается механическими свойствами конечного продукта. Например, мы не можем печатать несущие конструкции. В основном аддитивные технологии применяются в прототипировании, макетировании, для создания опытных образцов, и так далее. Объединяя композитный филамент и принтер, который может работать с более высокими температурами экструзии, мы можем получать материалы и метаматериалы, уже сопоставимые по прочностным характеристикам с металлом. Представьте себе компанию или некий инфраструктурный объект в труднодоступной точке, где сложно использовать склад и ничего не заказать. Но мы, допустим, поставляем туда композитный филамент плюс соответствующий принтер.

- ТО ЕСТЬ ЧТО-ТО СЛОМАЛОСЬ И НА МЕСТЕ НАПЕЧАТАЛИ ЗАПАСНУЮ ДЕТАЛЬ?

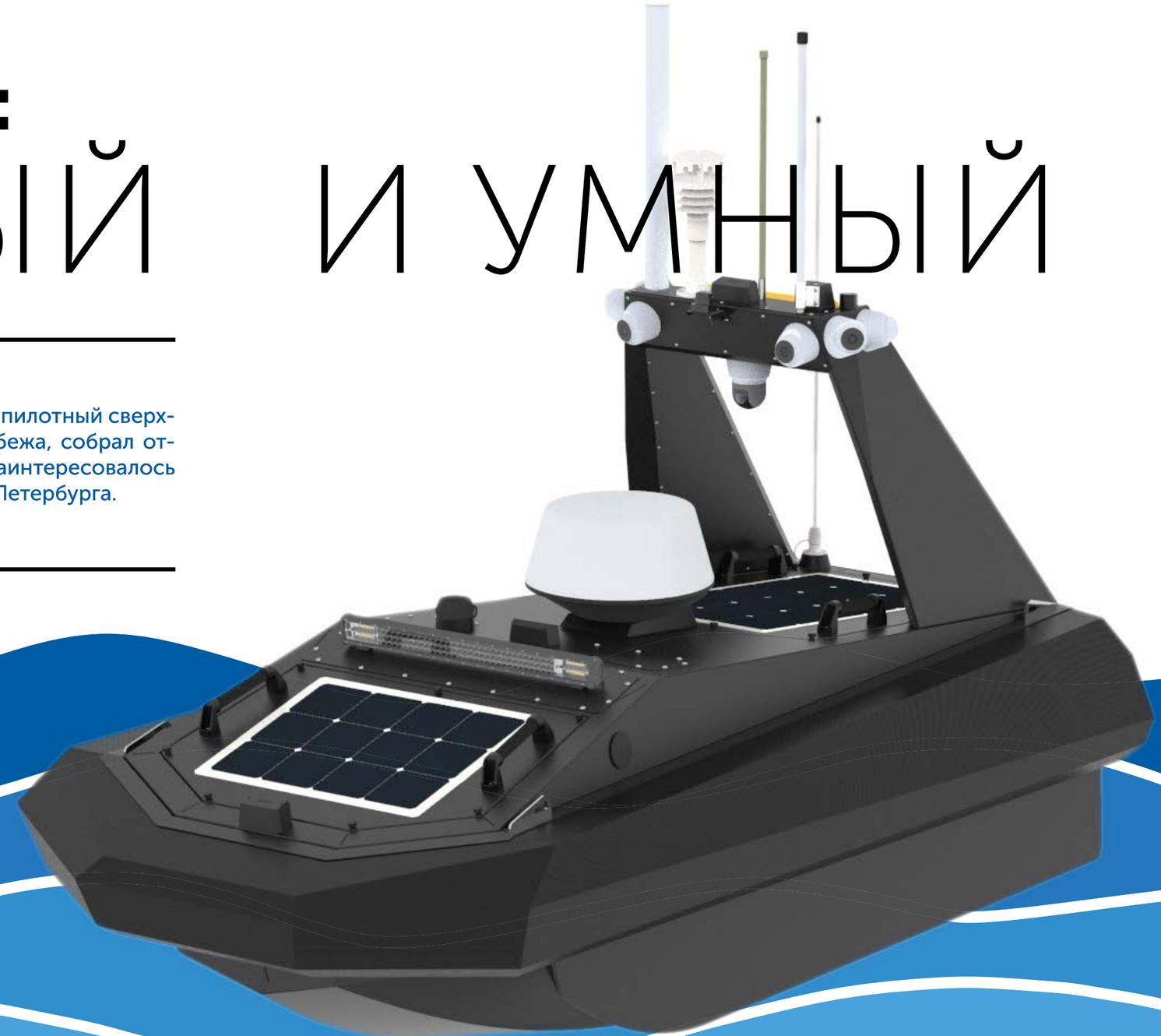
- Да. Это уже не новшество. Компания Boeing, например, уже с десяток лет не хранит на складах тысячи деталей, а печатает из металла, используя SLS-технологии. За этим стоит другой экономический принцип – изготовление из цифровой модели по необходимости, минуя склады и сложные логистические решения.

Мы планируем открытие новой лаборатории на базе НОЦ «Биомеханика и инженерно-медицинские системы и технологии». Пока лаборатория не имеет названия – назовем ее условно «Новые композитные материалы». Шестиметровую линию для производства филаментов мы перенесем в новую лабораторию и проведем пусконаладку. Это большой промышленный экструдер с ванной охлаждения и блоком управления. И мы сможем, производя гранулы, засыпать их через дозатор в наш экструдер и производить филамент.

CYBERBOAT-330: ШУСТРЫЙ И УМНЫЙ

Инженеры Политеха создали уникальный в своем классе беспилотный сверхскоростной катер. Аппарат получил предложения из-за рубежа, собрал отличную прессу и отзывы специалистов. Проектом также заинтересовалось Минобороны РФ. Выясняем, чем так хорош беспилотник из Петербурга.

текст: Александр Лепицкий



Премьера проекта CyberBoat-330 была замечена и оценена на выставке «Армия-2020». Однако сами конструкторы первоначально создавали его для гражданских нужд: правительство Ирана объявило международный тендер на разработку беспилотного судна для рыбоохранных служб на Каспии. Требовалось сконструировать лодку, способную патрулировать акваторию, обнаруживать, преследовать и производить фото- и видеосъемку правонарушителей.

Аспиранты кафедры «Теория и технология сварки материалов» Политехнического университета вдохновлялись кибертраком Илона Маска. Было решено сделать нечто подобное по дизайну, а не просто действовать в рамках технического задания. Впрочем, это далеко не первый подобный беспилотник, разработанный молодыми инженерами. Создатели CyberBoat-330 уже имели представление о том, какими техническими характеристиками должна обладать «умная» лодка, чтобы превзойти конкурентов.

Компактность и скорость

CyberBoat-330 легко размещается на обычном автоприцепе и может быть спущен на воду усилиями нескольких человек. Его масса и размеры соизмеримы с гидроциклом (400-500 кг), скорость может достигать 60 узлов (111 км/час). Зарубежные аналоги весят больше двух тонн, их спуск или подъем невозможен без спецтехники и они не способны развивать такую скорость.

Малая осадка

Осадка лодки всего 35 см, также у нее отсутствуют глубокие винты. Благодаря этому CyberBoat-330 не боится ни песчаных мелей, ни отдельных подводных камней или коряг. Более того, усиленное высокомолекулярным полиэтиленом днище позволяет преодолевать даже надводные препятствия, такие как торчащие из воды камни или полузатопленные бревна.

УПРАВЛЯТЬ ЛЕГЧЕ, ЧЕМ АВТОМОБИЛЕМ

Управлять такой беспилотной лодкой сложнее, чем квадрокоптером, но проще, чем автомобилем. Оператор должен знать правила судовождения и иметь опыт управления обычным судном. Поскольку по сравнению с дроном лодка имеет солидную массу, то столкновение с ней может оказаться опаснее, чем падение квадрокоптера. Учитывая стоимость CyberBoat-330, подобная ошибка еще и обойдется в круглую сумму.

CYBERBOAT-330 НЕ ЯВЛЯЕТСЯ МАЛОМЕРНЫМ СУДНОМ. БОЛЕЕ ТОГО, НИ У ОДНОГО ИЗ НАШИХ ВОДНЫХ БЕСПИЛОТНИКОВ ВООБЩЕ НЕТ СТАТУСА СУДНА. ПО ДОКУМЕНТАЦИИ ОНИ ПРОХОДЯТ КАК НАДВОДНЫЕ РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ПЛАТФОРМЫ.

РАЗУМНЫЕ ЯЩЕРЫ-ВДОХНОВИТЕЛИ

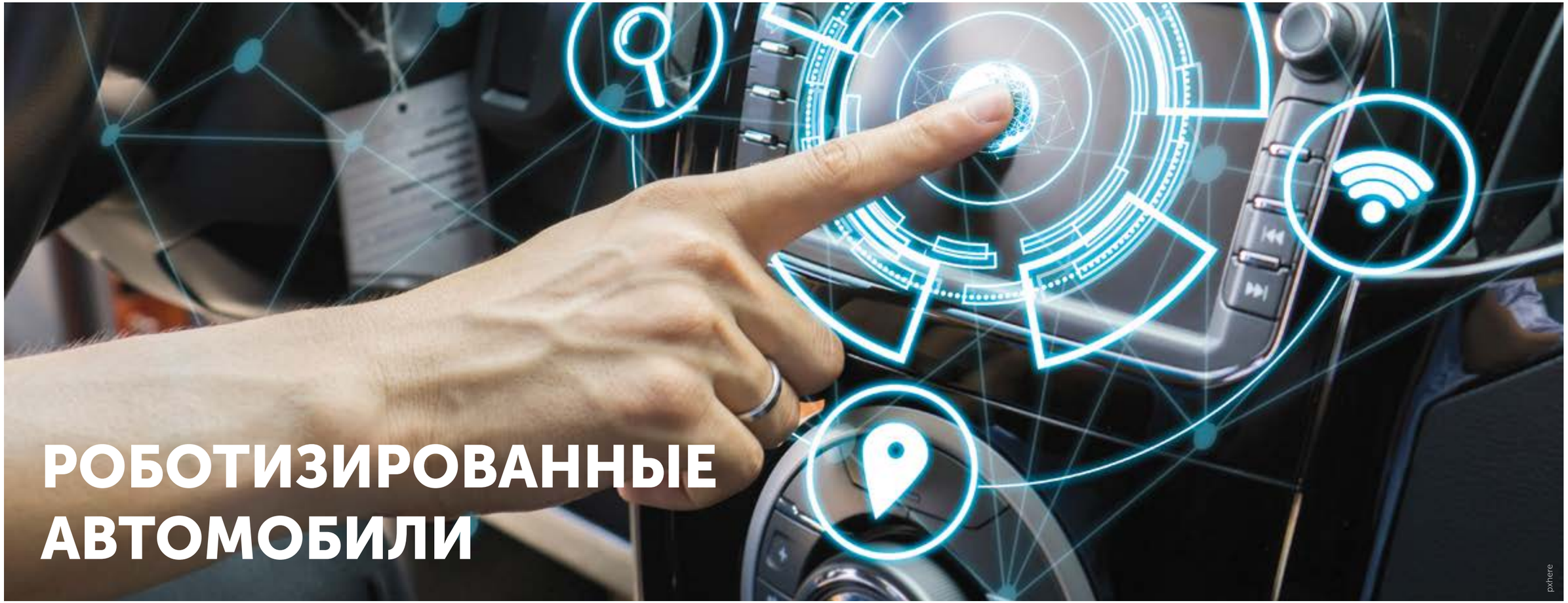
Идея «умной» лодки далеко не нова и возникла еще в середине XX века. Американский фантаст Роберт Шекли написал юмористический рассказ «Мятеж шлюпки» в 1955 году. В нем описывается необычная ситуация, когда исследователи морей на новой планете запустили отключенные блоки памяти у роботизированной лодки, купленной по случаю у космического старьевщика. Лодка оказывается спасательным судном исчезнувшей цивилизации рептилоидов и принимает своих пассажиров за находящихся в опасности разумных ящеров.

Полная непотопляемость

Центр плавучести расположен выше центра тяжести, корпус заполнен не воздухом, а ячеистым полимерным материалом. Имеющаяся на лодке система контропрокидывания представляет собой баллон на мачте, который в случае переворота надувается, как подушка безопасности в автомобиле, и возвращает ее в нормальное положение. Еще одним плюсом является относительно низкая цена. Беспилотная лодка зарубежного производства стоит от €600 тысяч, стоимость нашей платформы в базовой комплектации составляет около €250 тысяч.

Важным в беспилотном аппарате является не только «тело», но и «мозг»: электроника, программное обеспечение, средства навигации и контроля. Система технического зрения, состоящая из отдельного процессора и обученной нейронной сети, уже способна идентифицировать разные виды объектов. Как и в любой нейронной сети, в ней заложена функция самообучения, и число узнаваемых объектов будет постоянно расти. Сегодня CyberBoat-330 умеет уже не только обходить препятствия, но и распознавать навигационные знаки.

Каждый из проектов беспилотных судов Политеха имеет свои особенности. Так, экраноплан «Шторм-600» (точнее, катер с режимом экраноплана) – это, по сути, плавучая электростанция на солнечных батареях с огромным запасом автономности. «КАДЕТы», приобретенные Морским кадетским корпусом и Нахимовским училищем, – это исследовательские суда с небольшим запасом хода. CyberBoat-330 предусматривает базирование на суше, но это только придает ему дополнительную мобильность: пульт управления находится в салоне микроавтобуса, а платформа на прицепе движется вместе с ним по суше и может быть быстро спущена на воду в любом удобном месте. Также доступна зарядка от автомобиля во время транспортировки. Но все особенности не исключают спуск и управление с корабля-носителя. Компактность и возможность оперативной транспортировки по суше в сочетании с запасом хода в несколько сотен километров также делают эту модель интересной потенциальным заказчикам.



pxhere

РОБОТИЗИРОВАННЫЕ АВТОМОБИЛИ

Мы живем в интереснейшее время – наша жизнь уже несколько раз основательно поменялась из-за появления новых технологий. И очередная революция, кажется, ждет нас в ближайшее время. Роботизированные автомобили изменят нашу жизнь не меньше, чем сделали это обычные автомобили сотню лет назад, утверждает Сергей Лобанов.

С 1910 по 1930 годы мир изменился радикально – в начале этого периода почти 100% городского транспорта было гужевым, а в конце – автомобильным. Выхлопные газы в воздухе заменили горы навоза на мостовых, заправки заменили конюшни, но это далеко не все. Например, новый уровень мобильности позволил людям жить намного дальше от своей работы, позволил строить города с зонированием, ускорил ритм жизни, дав грандиозный толчок экономике. Появились целые новые отрасли, радикально увеличилась добыча многих полезных ископаемых, и почти полностью изменился внешний вид городов.

Не менее грандиозные изменения ожидают нас с приходом роботизированных автомобилей, и, судя по всему, произойдет это в самом ближайшем будущем. Впрочем, в экспертном сообществе есть и другие мнения – кто-то считает, что ждать придется намного дольше, а кто-то и вовсе уверен, что автопилот пятого уровня в принципе недостижим. Но давайте обо всем по порядку.

История

Как и во многих других случаях, технологиям автопилота помогли развиться военные. Самый первый автопилот был разработан еще 1912 году и предназначался, конечно, для аэропланов. Сначала он мог только удерживать высоту прямолинейного полета и крен, но развитие шло быстро, и в 1947 году американский транспортник Douglas C-54 Skymaster перелетел через Атлантику уже в полностью автономном режиме, включая взлет и посадку.

Впрочем, еще раньше начала применяться немецкая ракета «Фау-2», а еще раньше – торпеды. И то и другое по понятным причинам также работает в полностью автономном режиме. Автопилот появился и на рельсовом транспорте. Первая линия метро без машиниста открылась в Лондоне в 1967 году.

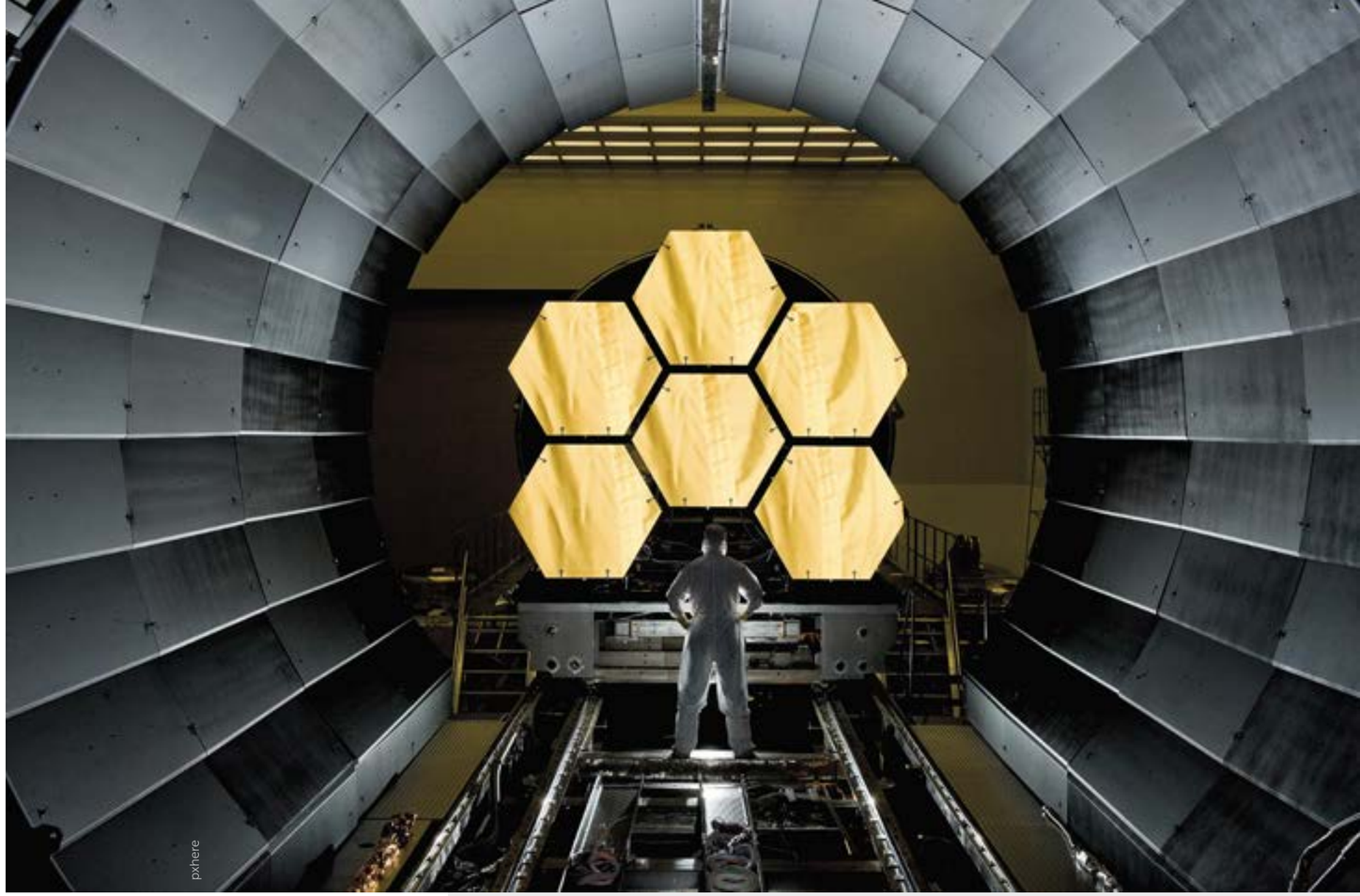
Но внедрение роботизированных автомобилей шло значительно медленнее. Ведь поезду из туннеля метро деться некуда, у кораблей и самолетов, напротив, вокруг бескрайние просторы и почти нет помех, а вот автомобили движутся в высоконасыщенной среде, и в XX веке мало кто мог предположить, что управлять машиной сможет робот.

Создатели первых автономных автомобилей могли разве что мечтать об искусственном интеллекте и пытались подходить к задаче креативно. Например, в 1930-х в General Motors появилась идея вогнутых дорог – если каждая полоса для движения в разрезе будет представлять собой полутрубу, то автомобиль просто-напросто никуда из нее не денется!

В 1950-х тот же концерн тестировал другую концепцию – дороги с проложенным под асфальтом кабелем. Оснащенный соответствующим оборудованием Pontiac Firebird II мог строго следовать скрытому кабелю, поддерживая при этом заданную скорость. Из этого проекта родился серийный круиз-контроль – необходимый компонент любых современных систем.

В 1960-70-х главным лицом в автопилотируемом мире был американский IT-гуру Джон Маккарти. Итогом его работ стала самоуправляемая тележка с зачатками компьютерного зрения – она умела безопасно двигаться по нарисованной на дороге белой линии с помощью дальномеров и видеокамер. Стало ясно, что создание полноценного автопилота, как минимум в теории, возможно. В 1980-х прогресс в сфере автономного вождения двигали японцы и немцы. Наибольших успехов добился Эрнст Дикманс – созданный им роботизированный микроавтобус Mercedes Vario имел бинокулярное зрение, умел самостоятельно оценивать дорожную ситуацию, принимать решения и обучаться. Успехи Дикманса вдохновили Mercedes-Benz инвестировать более миллиарда долларов на разработку технологий, сделавших возможным адаптивный круиз-контроль.

Сильнейший толчок технологиям автопилота дали военные. В 2004 году прошло первое DARPA Grand Challenge – соревнование роботизированных автомобилей по гонкам на пересеченной местности. Приз в миллион долларов от армии США должен был достаться беспилотнику, который быстрее других преодолеет 240-километровую дистанцию. Увы, лучший из роботов смог проехать менее 12 километров, а больше половины участников не смогли даже тронуться с места. Однако уже в 2005 году финишировать удалось пяти автомобилям из 23, а к 2007 году технологии позволили провести гонку в псевдогородских условиях с многочисленными отборочными турами в регионах. Проект DARPA Grand Challenge успешно завершился, все поверили в светлое будущее автопилота и к настоящему времени в работу над технологией включились не только большинство автоконцернов, но и огромное количество IT-компаний.


pxhere

АВТОПИЛОТ ОТ ПОЛИТЕХА

Инженеры Политеха не остаются в стороне и тоже планируют занять долю рынка автопилотируемых систем. Испытаны и уже готовы к коммерческому применению автономные катера, катамараны, экранопланы. В своем развитии они прошли несколько этапов:

Уровень 1. Удержание судна на заданном курсе по показаниям компаса.

Уровень 2. Прокладка сложного маршрута «от точки до точки» по GPS.

Уровень 3. Прокладка экономичного маршрута с учетом погодных условий. Система такой сложности постоянно получает прогноз погоды: сила ветра, высота и форма волн и т.д. Алгоритм принимает во внимание эти показатели и рассчитывает маршрут, который должен оказаться оптимальным с точки зрения экономии заряда ходовых батарей. В случае сильного бокового ветра, например, выгоднее идти не по прямой, а сначала подняться навстречу ветру, а затем спускаться по ветру.

Начиная со второго уровня, автопилот также умеет расходиться с другими судами по «Правилам плавания», обходить не обозначенные на картах препятствия и даже различать навигационные знаки.

Разработанный в Политехе автопилот может применяться на судах разного размера и в перспективе способен сэкономить судовладельцам немалые суммы, которые сейчас уходят на зарплату, питание, страховку экипажа, и т.д.

Что такое автопилот и какие у него проблемы?

Итак, разберем стандартный беспилотник образца 2020 года. Как правило, он представляет собой обычный автомобиль, оснащенный многочисленными системами машинного зрения и компьютерным мозгом, который на основе полученных данных отдает команды автомобильному мозгу. Современные машины не нуждаются в дополнительном переоборудовании – они и без того умеют нажимать на газ, тормоз, рулить и переключать передачи без участия водителя.

Мозг роботизированного автомобиля обычно находится в багажнике – это программа-автопилот, работающая на чрезвычайно мощном компьютере. Именно над написанием идеальной программы и работают тысячи инженеров по всему миру. Разберем чуть подробнее действия автопилота.

Локализация. С помощью GPS автопилот определяет, где именно находится машина. Трудности ожидают уже на этом этапе – спутниковый сигнал есть далеко не везде. В его отсутствие программа может, например, «узнавать» местность, сравнивая изображение с камер и данные лидара со своей памятью – примерно так, как это делает человек.

Восприятие. С помощью радаров, лидара и камер автопилот создает для себя картину окружающей обстановки: машины, пешеходы, светофоры и т.д., вплоть до ям на дороге. Впрочем, набор датчиков у разных производителей не совпадает. Есть, например, системы, экономно основывающиеся только на камерах – в конце концов, человек ведь использует только глаза. Здесь реальная жизнь готовит массу сюрпризов компьютерному мозгу. Например, камеры могут быть заляпаны грязью, дорожные знаки – снегом, радар будет отражаться от выхлопных газов. Программе не так просто понять – это «горбатый мост» или бетонный забор? Это борт белой фуры или яркое небо? Одному из владельцев Tesla именно такая ошибка автопилота стоила жизни.

Прогнозирование. Алгоритм автопилота должен понимать, как будет развиваться дорожная ситуация в следующую минуту: можно ли успеть проскочить на зеленый, хватит ли времени, чтобы вклиниться в поток на главной дороге, и т.д. И здесь строгая машинная логика часто пасует перед безумием реального мира. Например, автопилот от Google встретил на дороге женщину в инвалидной коляске, гоняющуюся за гусем. Автопилоту от Яндекса путь преградил дворник, перетаскивающий упавшее дерево. Образы, знакомые человеку, для машины оказываются неожиданностью, и прогнозировать их поведение сложно. Что делает стоящий на тротуаре человек – читает сообщения в телефоне или готовится перебегать дорогу?

ПРОГРАММЕ НЕ ТАК ПРОСТО ПОНЯТЬ – ЭТО «ГОРБАТЫЙ МОСТ» ИЛИ БЕТОННЫЙ ЗАБОР? ЭТО БОРТ БЕЛОЙ ФУРЫ ИЛИ ЯРКОЕ НЕБО? ОДНОМУ ИЗ ВЛАДЕЛЬЦЕВ TESLA ИМЕННО ТАКАЯ ОШИБКА АВТОПИЛОТА СТОИЛА ЖИЗНИ.

Планирование. Мозг беспилотника должен решить, как именно поступать в следующее мгновение, чтобы в конце концов безопасно добраться до «точки Б». Проблем в планировании тоже очень много. Например, стоит ли притормаживать перед тем самым человеком, стоящим на тротуаре? Строгая логика безопасного вождения говорит, что, конечно, необходимо на всякий случай снизить скорость. Однако никто из настоящих водителей так не делает, поэтому постоянные торможения беспилотника сами по себе создают опасную ситуацию на дороге.

Какие дистанция и боковой интервал приемлемы? С какой скоростью можно ехать в этой полосе? Как быстро ускоряться после включения зеленого? Интересно, что в каждом городе ответ на эти вопросы будет разным, и идеальный автопилот будущего должен будет подстраиваться: в Москве ездить «по-московски», а в Санкт-Петербурге «по-питерски».

Наконец, создатели алгоритмов автопилота сталкиваются со сложнейшими этическими проблемами. Раздавить выбежавшего на дорогу котенка или съехать в кювет? Сбить трех пешеходов, нарушающих ПДД, или одного, который не нарушает? По описанным выше причинам такие ситуации, действительно, могут возникнуть (а значит, при достаточном распространении беспилотников обязательно возникнут) и компьютерному мозгу придется сделать выбор. Похожая философская «проблема вагонетки» не имеет однозначного решения, но программисты (либо законодательные органы) должны его принять.

Действие. Осталось выполнить запланированные действия и снова повторить все этапы. И так – каждое мгновение.

Минусы автопилота

Беспилотник стоит значительно, в разы дороже обычного автомобиля. Сейчас самые «кусачие» компоненты – это лидары и мощный головной компьютер. Впрочем, если сравнивать роботизированный автомобиль и автомобиль с личным водителем (что, определенно, имеет смысл), то уже сейчас беспилотник оказывается выгодным. В будущем же цена компонентов обязательно снизится.

Ошибка в программе автопилота или просто программный глюк могут стоить вам жизни.

Беспилотник должен быть включен в Сеть – например, для того, чтобы постоянно получать информацию о пробках. А это значит, что потенциально возможен хакерский взлом программы автопилота. Вы находитесь в машине, которой управляет злоумышленник, – такое не хочется даже представлять!

УРОВНИ

Автопилоты ранжируются по уровням, придуманным SAE International – Ассоциацией инженеров-автомобилестроителей. В настоящий момент классификация SAE принята большинством производителей и госорганов.

0 уровень. Отсутствие автоматизации. АБС, обычный круиз-контроль, системы экстренного торможения не считаются.

1 уровень. Некоторая помощь водителю. Например, адаптивный круиз-контроль и система удержания в полосе.

2 уровень. Ограниченная помощь водителю. В некоторых условиях машина может ехать самостоятельно, но водитель должен постоянно контролировать ситуацию, чтобы вмешаться в любой момент.

3 уровень. Условный автопилот. Автомобиль может ехать сам, а водитель – отвлекаться от дороги. Водитель должен быть готов взять управление на себя, но имеет на это некоторое время.

4 уровень. Автопилот с ограничениями. Автомобиль может ехать полностью самостоятельно, но не везде. Например, машина не умеет ездить по грунтовке или остановится в плохую погоду.

5 уровень. Автопилот. «Человеческие» органы управления больше не нужны.

LIDAR

Ключевая технология, используемая автопилотом, – это лидар. Английская аббревиатура расшифровывается так: Light Identification Detection and Ranging (обнаружение и ранжирование дальности света). В отличие от обычных радаров (кстати, слово радар тоже когда-то было аббревиатурой: RAdio Detection And Ranging), применяющих радиоволны, лидары используют свет (в настоящее время речь почти всегда идет о лазере), а потому обладают намного большей точностью и не испытывают сложности с неподвижными объектами. В отличие от камер они не зависят от освещения и работают в любую погоду.

Лидар обычно размещают на крыше автомобиля. Он вращается и сканирует пространство в радиусе примерно 70 метров, создавая чрезвычайно точную картину окружения. Лидар позволяет автопилоту видеть не только пешеходов, велосипедистов, бордюры и ямы на дороге, но даже, например, облака газа.

Простейший пример лидара – бытовой лазерный дальномер стоимостью в тысячу рублей. К сожалению, автомобильный лидар должен работать намного быстрее, точнее и передавать значительно большие объемы данных, поэтому их стоимость сейчас составляет от $10 до 100 тысяч за одну штуку (а беспилотники иногда используют несколько лидаров). Массовое применение роботизированных автомобилей должно снизить цену лидара до приемлемого уровня в несколько сотен долларов.

Даже если автопилоты идеально защищены от хакеров, власти точно оставят за собой возможность их дистанционного контроля для того, чтобы, например, принудительно остановить автомобиль с преступником. А может, для того, чтобы развернуть все машины с оппозиционерами, едущими на митинг. Неоднозначных сценариев можно представить множество.

Есть еще потенциальные опасности, о которых даже не задумываются создатели роботизированных автомобилей, но которые могут проявиться при их широком распространении. Перечислим лишь некоторые из них. Миллионы людей лишатся своих рабочих мест – не только таксисты и дальнобойщики, но и инструкторы автошкол, тюнеры, автожурналисты... Возрастет потребление топлива, ведь автомобиль зачастую будет совершать холостые пробеги без водителя (отвезти жену на маникюр, съездить за детьми, забрать жену с маникюра). Усугубятся пробки, ведь теперь водители не будут их бояться. Удлинятся пробеги, ведь теперь можно жить за три часа до работы и досыпать своё в дороге. Замедлится трафик, ведь беспилотнику без пассажиров часто нет смысла торопиться, лучше экономить топливо и ехать со скоростью 40 км/ч. Ухудшится здоровье людей, ведь они будут еще меньше ходить: беспилотник сможет довозить человека от двери до двери – не придется даже идти до гаража. Возрастет популярность удобных больших автомобилей и даже домов на колесах – сейчас на таких сложно маневрировать в потоке и невозможно парковаться в городе, но автопилот эту сложность ликвидирует. Это опять увеличит потребление топлива и усугубит пробки.

Плюсы автопилота

Роботизированный автомобиль надежнее обычного. Автопилот не отвлекается на разговоры, не устает, не пьет алкоголь, не лихачит.

Потенциально автопилот может водить лучше, чем профессионал топ-уровня. Лидар на крыше позволяет видеть на несколько машин вперед, информация от других автомобилей и городской инфраструктуры помогает вовремя перестраиваться в более быстрые полосы, автопилот смотрит во все стороны одновременно и может увидеть любую опасность заранее, реакция компьютера на порядки лучше, чем у любого человека. Результат: миллион спасенных жизней каждый год.

Ездить на беспилотнике может кто угодно – ваша бабушка, ваши дети или вы сами после новогоднего корпоратива. На беспилотнике может ездить даже наполовину парализованный инвалид-колясочник. Все это поднимает качество жизни.

Беспилотники помогают экономить время. Теперь в машине можно поспать, поработать, посмотреть кино – что угодно!

Автономные электромобили могут сами уезжать на зарядку, пока вы работаете. Беспилотники самостоятельно смогут посещать автосервис и мойку.

Наше будущее

Многие компании, начавшие разработку автопилота в начале века, называли 2020-й годом массового внедрения коммерческого продукта. В реальности этого не произошло – на сегодня автопилота пятого уровня не существует, а главное непонятно, когда именно это произойдет. Разработчики в своих интервью, как один, говорят, что до появления полного автопилота осталось буквально несколько лет. Но некоторые эксперты считают, что настоящий пятый уровень недостижим без создания искусственного интеллекта (возможность существования настоящего компьютерного разума пока остается под вопросом).

Но, возможно, главной проблемой беспилотников остается регулирование. Несмотря на то что в нашей стране к скорейшему появлению автопилота призывали и Путин, и Медведев, государственные органы не торопятся принимать какие-либо законы для роботов за рулем. На сегодня езда автомобилей без людей разрешена лишь на некоторых ограниченных территориях – нет ни одной страны, которая разработала бы соответствующее национальное законодательство. Главный вопрос: кто будет виноват в случае ДТП с беспилотником?

Громкий судебный процесс по смертельной аварии беспилотника Uber в 2018 году закончился соломоновым решением: виновными в ДТП были признаны вообще все – оператор автопилота (сидела в телефоне), сбитая велосипедистка (перебегала улицу, наевшись метамфетамина), Uber (плохо контролировали операторов), власти штата Аризона (плохо регулировали беспилотники).

Рискнем спрогнозировать самый вероятный сценарий развития событий: в течение ближайших лет беспилотники по всему миру наездят десятки или сотни миллионов километров, доказав свою безопасность. Власти будут вынуждены создать законы для роботизированных машин. После этого начнется их коммерческое использование сначала в логистике, в службах такси и каршеринга (а в случае беспилотника это одно и то же), а затем и на открытом рынке. Дальнейшие 10-20 лет будут посвящены изменению мира под новые реалии. Мы увидим, как меняется мир!

РАЗРАБОТЧИКИ В СВОИХ ИНТЕРВЬЮ, КАК ОДИН, ГОВОРЯТ, ЧТО ДО ПОЯВЛЕНИЯ ПОЛНОГО АВТОПИЛОТА ОСТАЛОСЬ БУКВАЛЬНО НЕСКОЛЬКО ЛЕТ. НО НЕКОТОРЫЕ ЭКСПЕРТЫ СЧИТАЮТ, ЧТО НАСТОЯЩИЙ ПЯТЫЙ УРОВЕНЬ НЕДОСТИЖИМ БЕЗ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА (ВОЗМОЖНОСТЬ СУЩЕСТВОВАНИЯ НАСТОЯЩЕГО КОМПЬЮТЕРНОГО РАЗУМА ПОКА ОСТАЕТСЯ ПОД ВОПРОСОМ).

САМЫЙ БЫСТРЫЙ БЕСПИЛОТНИК

Интересную концепцию использования автопилота придумала Rimac. Эта хорватская компания выпускает электрические суперкары – сверхбыстрые автомобили, для управления которыми желательно иметь хорошую подготовку. И именно это делает автопилот Rimac Driver Coach (RDC) – обучает покупателей Rimac Concept One правильному вождению. Установленный на быстрый седан KIA Stinger, он может проходить гоночную трассу по идеальной траектории, строго вовремя открывая газ и оттормаживаясь. Обучаемый же, находясь на водительском кресле, просто запоминает правильную технику. «Это ваш личный инструктор, который не только постоянно учит вас, но и продолжает обучаться сам. Он настолько же крут, как и гонщик Formula 1. По сути, RDC – это ваш ангел-хранитель на гоночном треке», – говорит создатель бренда Rimac Мате Римац.

Эндаумент-фонд СПбПУ существует с 2012 года. За это время мы поддержали более 50 проектов, в том числе и направленные на развитие научно-исследовательской деятельности студентов и преподавателей Политеха.

Свой вклад в развитие Фонда внесли более 500 благотворителей. У вас тоже есть возможность стать меценатом.

Впишите свое имя в историю Политеха!

ENDOWMENT@SPBSTU.RU . COMMUNITY.SPBSTU.RU . VK.COM/SPBSTU

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ. БУДУЩЕЕ СЕГОДНЯ

Сверхпроводимость. Всякое слово с приставкой сверх- почему-то волнует фантазию. Сверхчеловек. Сверхспособности. Сверхприбыли. В случае со сверхпроводимостью воображение рисует яркие картины не зря.

текст: Иван Ющенко

Сверхпроводимость сегодня помогает заглянуть вглубь живого мозга без трепанации черепа и летать на поездах с огромной скоростью, не касаясь земли, разгонять элементарные частицы в поисках «частицы бога» и создавать квантовые компьютеры. А в перспективе она позволит осуществить управляемый термоядерный синтез, что обеспечит человечество неиссякаемым источником энергии и поможет сократить до минимума потери энергии при передаче ее на большие расстояния. Но что же такое сверхпроводимость? Начнем с истории открытия.

Антон Новгородов

«Господин Морозильник». Глубокий холод Камерлинга-Оннеса

Физика как наука занимается изучением самых общих законов природы, исследует материю, ее структуру, движение и правила трансформации. И конечно, открываются эти закономерности не сразу, а их практическое применение иногда отстоит на долгие годы от их открытия.

Проблема холода – что такое холод, каковы предельные значения холода и как в условиях предельного холода ведут себя вещества – волновала физиков давно. И решалась, как всегда, постепенно. В 1802 году французский химик и физик Жозеф Гей-Люссак обнаружил интересную зависимость: объем данной массы газа при постоянном давлении изменяется прямо пропорционально изменению температуры. При этом каждый раз при изменении температуры газа на 1 °С объем газа изменяется на одну и ту же величину – 1/273 его объема. И не важно, какой это газ. Зависимость получила название закона Гей-Люссака. И из него можно сделать очень занятные логические выводы: при охлаждении газа до - 273 °С его объем... вообще должен стать нулевым, исчезнуть. Чего, конечно, не может быть. А это значит, что - 273 °С теоретически есть физически недостижимая – наименьшая температура. Да? Да... Но тут есть некая закавыка: как мы представляем, при достаточно низкой температуре газ должен изменить агрегатное состояние и превратиться в жидкость и даже в твердое вещество. И что делать с этим?

К счастью, вопросом занялся английский физик Уильям Томсон (впоследствии барон Кельвин – первый из ученых, ставший за свои заслуги членом палаты лордов). И строго на основе второго закона термодинамики он доказал, что ни одно тело не может быть охлаждено ниже абсолютного нуля (он, собственно, и ввел сам термин «термодинамика», его вклад в эту новую дисциплину – работа «О динамической теории тепла»). И это он, Томсон, в 1848 году ввел в науку понятие об абсолютной температуре и абсолютную шкалу температур. Шкалу Кельвина, как мы ее теперь называем (понятно почему?). И она, конечно, солиднее и пригоднее для научных расчетов, чем относительные шкалы, где нуль – это температура замерзания воды (Цельсий) или того хуже – «самоподдерживающаяся температура смеси воды, льда и хлорида аммония» (Фаренгейт). Идеальный холод, абсолютный нуль. То есть умозрительно: температура, при которой хаотическое движение частиц прекращается, и они замирают в узлах кристаллической решетки, как в почетном карауле. Но умозрительное никогда недостаточно для физики.

Как заметил все тот же Томсон-Кельвин: «В физической науке первым важным шагом в направлении изучения любого предмета является поиск принципов численного расчета и практических методов измерения некоего связанного с ним качества. Я не раз повторял, что когда вы можете измерить то, о чем говорите, и выразить это числами, вы кое-что об этом знаете; но, когда вы не можете это измерить, когда вы не можете выразить это в числах, ваши знания скудны и неудовлетворительны: это может быть началом знания, но – чего бы ни касалось дело – вы лишь едва, в своих мыслях, продвинулись до уровня науки». Нужны были опыты, ясно показывающие, что происходит при сверхнизких температурах. Чтобы добиться таких температур, стали использовать сжиженные газы. Довести до жидкого состояния вещества, которые при земной температуре и давлении существуют только в газообразном состоянии, само собой, оказалось очень и очень непросто.

Первым основательного успеха добился знаменитый Майкл Фарадей: в 1823 году, когда, используя сжатие и охлаждение, он сжижил хлор, диоксид водорода, сульфгидрильную кислоту. И опубликовал первое серьезное исследование по этой теме. Он же стал первопроходцем в области криогенеза: первым получил охлаждение ниже 100 градусов по Фаренгейту. Однако продвинуться еще дальше в этой области и сжижить кислород и водород, например, ему не удалось. В науке того времени эти газы стали определяться как «постоянные». Впрочем, дальнейшие исследования многих ученых в разных странах мира показали, что их постоянство временно, и всякий газ может быть переведен в жидкое состояние, главное сперва его охладить ниже определенной температуры, ее называют критической. Так начался «штурм абсолютного нуля». И в 1877 году французский инженер Кальете сумел получить жидкий кислород (температура кипения примерно - 183 °С). А в самый канун нового 1878 года объявил о сжижении азота (- 196 °С). В 1898-м Джеймс Дьюар получил жидкий водород (- 259 °С). И готов был приступить к покорению новой вершины – получению жидкого гелия (- 269 °С). Но на финишной прямой его опередил физик из знаменитого Лейденского университета в Голландии Хейке Камерлинг-Оннес. В 1908 году голландец впервые сумел получить жидкий гелий и достичь рекордно низкой на тот момент температуры: всего на 0,9 градуса выше абсолютного нуля! И произошло это, конечно, не по счастливой случайности. Он очень хорошо подготовил свой блестящий результат: организовал при своей лаборатории школу прибористов и стеклодувов, то есть подготовил квалифицированный вспомогательный персонал, и построил громадную четырехкаскадную ожижительную установку для кислорода, азота и воздуха, настолько высококлассную и мощную, что она больше 30 лет удовлетворяла потребности Лейденского университета. За это Камерлинг-Оннес получил от журнальных остряков прозвище «господин Морозильник». А от Шведской королевской академии наук в 1913 году – Нобелевку по физике «за исследования свойств вещества при низких температурах, которые привели к производству жидкого гелия». Хотя получение жидкого гелия вообще-то не было самоцелью, а он как раз и давал возможность исследовать свойства вещества. И самое, пожалуй, интересное на этом фронте произошло всего три года спустя.

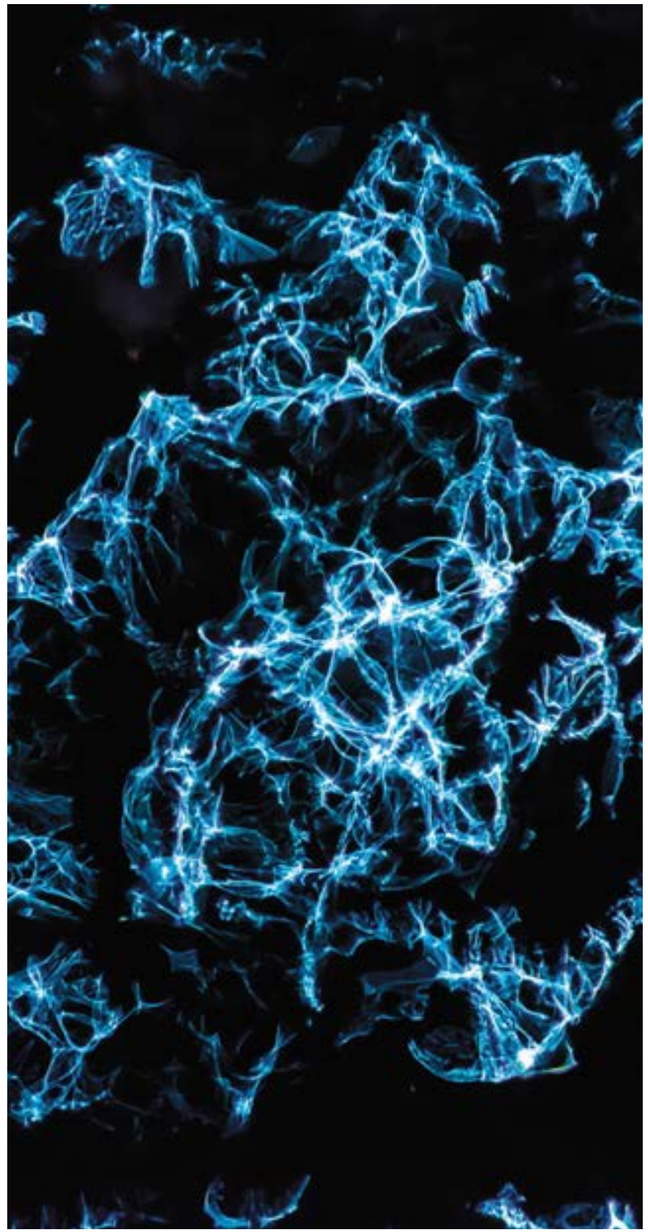
Антон Новгородов

Электронный ветер и магнитные поля

Ко времени проведения электрических экспериментов в лаборатории Камерлинга-Оннеса было известно, что электрический ток в твердых телах (проводниках) – это поток электронов. Это можно представить себе так. Каждый атом состоит из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов. Каждый электрон занимает определенную «орбиту». Чем ближе «орбита» к ядру, тем сильнее электрон притягивается к нему, тем большая энергия требуется, чтобы оторвать такой электрон от ядра. А внешние электроны отрываются легко и в металлах образуется как бы «газ» почти свободных электронов. А если создать электрическое поле, приложить к кусочку металла напряжение, в этом «электронном газе» возникает направленное движение, «ветер» – это и есть электрический ток. Но при движении электроны наталкиваются на атомы, от которых «оторвались», и возникает трение или, как говорят, электрический ток испытывает сопротивление. Известно, что при нагревании проводника его сопротивление повышается: атомы сильнее колеблются и электронный ветер «цепляется» за них активнее. Но что будет при температуре, близкой к кельвиновскому нулю?

Немецкий физик Вальтер Нернст высказал предположение, что при понижении температуры электрическое сопротивление чистого металла должно постепенно уменьшаться, а при нуле исчезнуть совсем. Сам Кельвин, однако, считал, что при очень низких температурах сопротивление начинает резко возрастать из-за уменьшения подвижности самих электронов, которые в таких условиях просто перестают отрываться ядра. Камерлинг-Оннес был склонен согласиться с его логикой. Но взялся проверить это экспериментально: стал измерять сопротивление металла – платины – при гелиевых температурах. Поначалу сопротивление не падало и не росло при понижении температуры – ни одна теория не подтверждалась. Однако ученый заметил, что абсолютная величина сопротивления меняется от образца к образцу в зависимости от химической чистоты образца. Значит, возможно, сопротивление не уменьшается потому, что его поддерживают примеси в металле. Очистить золото было легче, чем тугоплавкую платину, и ученый приступил к экспериментам с проводами из самого чистого золота, которое ему удалось получить. Но, хотя сопротивление золота и падало с увеличением степени его чистоты, выводов о влиянии холода сделать было нельзя. А что очистить еще легче, чем золото? Ртуть! Она при комнатной температуре вообще находится в жидком состоянии и ее можно перегонять для очистки сколько угодно раз. И вот 8 апреля 1911 года проводок из ртути в стеклянном капилляре был помещен в жидкий гелий и через него пропустили ток. В 16 часов Камерлинг-Оннес сделал историческую запись в лабораторном журнале: при температуре 3 градуса по шкале Кельвина сопротивление ртути сделалось «практически нулевым». Как говаривал Эйнштейн: «Никакое количество экспериментов не приблизит к созданию теории, но один-единственный эксперимент может теорию разрушить». Еще до конца месяца сообщение об открытии было опубликовано, и в науке появилось новое понятие «сверхпроводимость»: явление скачкообразного исчезновения электрического сопротивления в металле при охлаждении его до сверхнизкой температуры.

Дальнейшие опыты показали, что ртуть не какое-то чудесное исключение: сверхпроводимость обнаружили у свинца, олова, некоторых других чистых металлов и сплавов. У каждого из них оказалась при этом своя температура перехода в сверхпроводящее состояние, которую принято называть критической температурой. Удивительное явление незатухающего «электронного ветра» продолжалось до тех пор, пока не испарялся гелий и температура не падала. Уже 1950-х годах в одной из лабораторий незатухающий ток в замкнутом контуре удалось наблюдать в течение двух с половиной лет. И тек бы и дольше, но из-за забастовки транспортников прекратились поставки гелия. По современным оценкам удельное электрическое сопротивление сверхпроводника в 100 миллионов триллионов раз меньше, чем у медного провода при комнатной температуре. Это значит, что ток в сверхпроводящем кольце может не затухать... 15 миллиардов лет (при том, что возраст Вселенной оценивается в 12-14,5 миллиардов лет).



Антон Новгородов

Еще одно потрясающее открытие, связанное со сверхпроводимостью, состоялось через пару десятков лет. В 1933 году немецкие физики Вальтер Мейснер и Роберт Оксенфельд увидели, что сверхпроводимость – это не просто отсутствие сопротивления, но и специфическая реакция на внешнее магнитное поле: оно выталкивается из сверхпроводника. Явление это известно теперь как «эффект Мейснера». А лабораторный опыт, его демонстрирующий, носит эффектное название «гроб Магомета» по средневековой европейской легенде, согласно которой железный гроб пророка Мухаммеда в Мекке парил над землей, удерживаемый мощными магнитами. Его продемонстрировал впервые в 1945 году советский физик В. К. Аркадьев. Постоянный магнит длиной несколько сантиметров парил на расстоянии чуть больше 1 см над дном сверхпроводящей чашечки, поставленной на три медные ножки в жидком гелии.

Конечно, непрерывно и упорно по всему миру шла работа над тем, чтобы объединить все получаемые в результате опытов сведения о сверхпроводимости общей теорией. Создание жизнеспособной теории всегда важно в науке, оно позволяет продвигаться дальше в исследованиях и дает возможность предсказывать их возможные результаты и находить новые направления.

Важным шагом к созданию теории сверхпроводимости стала работа братьев Фрица и Хайнца Лондонов, немецких физиков, которые после прихода к власти нацистов перебрались в Англию. Еще в середине 1930-х Лондоны отметили необычное поведение электронов в сверхпроводнике: электроны не были полностью независимы друг от друга, как в проводнике обычном, но как бы составляли единство, весь образец сверхпроводящего материала был как будто одним атомом, макроскопический объект вел себя, как объект микроскопический, электроны подчинялись принципам квантовой механики. Уравнения Лондонов описывают это явление. И именно Фриц Лондон внес в современную науку понятие о сверхпроводимости как о макроскопическом квантовом феномене.

В начале 1950-х годов советские физики Виталий Гинзбург и Лев Ландау обобщили теорию Лондонов. Они истолковали возникновение сверхпроводимости как изменение внутренней симметрии физической системы (фазовый переход второго рода). Их уравнения не объясняли причин сверхпроводимости, но хорошо описывали поведение сверхпроводника вблизи критической температуры.

А в 1957 году американские физики Джон Бардин, Леон Купер и Джон Роберт Шриффер опубликовали сообщение о своей теперь знаменитой микроскопической теории сверхпроводников (сокращенно — теория БКШ), за которую в 1973 году получили Нобелевскую премию.

Разумеется, фантазия ученых отнюдь не ограничивалась яркими показами и изящными теориями. И с момента открытия сверхпроводимости они думали о ее практическом применении. Но приспособить норовистый феномен к делу оказалось очень непросто.

Плоды трудов. Кареты и тыквы

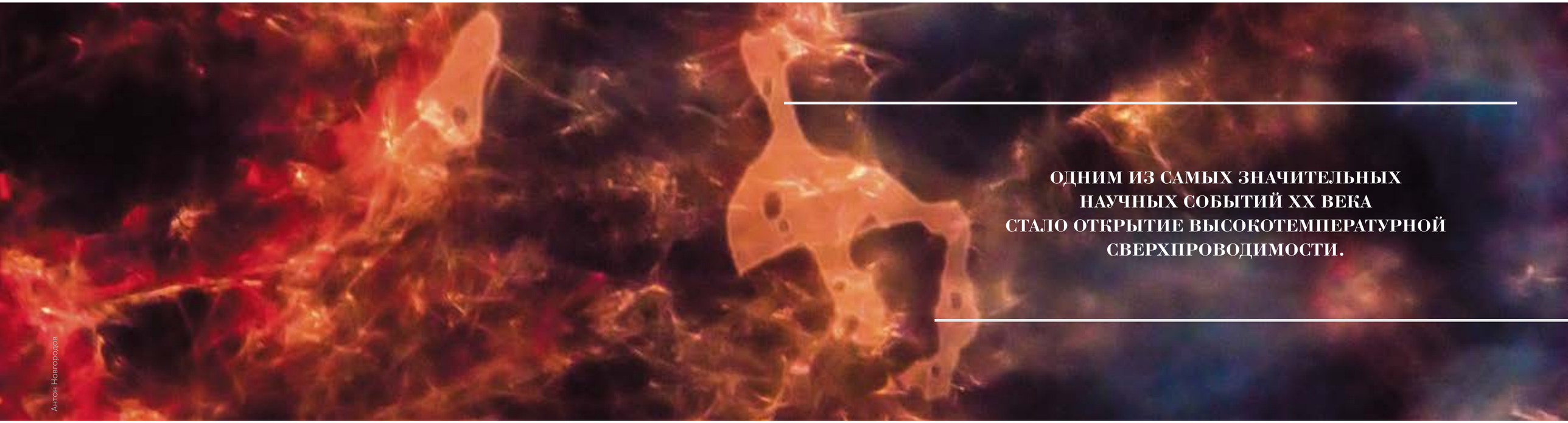
Логично предположить, что главным применением сверхпроводимости станет передача электроэнергии на большие расстояния. Ведь ее потери составляют в энергосетях до 20%. Но необходимость охлаждать сверхпроводящие провода до крайне низких температур делает их широкое практическое использование экономически невыгодным. Использование таких проводов в электрических трансформаторах тоже могло бы существенно снизить потери энергии, но большие затраты на охлаждение и здесь не внушают энтузиазма. Еще одна проблема энергетики, которую помогла бы решить сверхпроводимость: электростанции работают непрерывно, а потребление энергии колеблется. И ее излишки можно было бы запасать впрок при помощи сверхпроводникового индуктивного накопителя энергии (СПИН). Идея в том, чтобы избыточная электроэнергия заряжала сверхпроводящий магнит и могла оставаться там сколь угодно долго, высвобождаясь в нужный момент. К сожалению, и эта карета превращается в тыкву, когда вступает в дело подсчет стоимости охлаждения. Как и в случае с другой технологией, когда энергоаккумулятор представляет собой маховик, вращающийся без трения на высокой скорости на магнитной подвеске (эффект Мейснера) и запасающий электричество в виде кинетической энергии вращения.

Эффект Мейснера может использоваться и в таком экзотическом средстве передвижения, как поезда на магнитной подушке, или маглевы (сокращение от «магнитная левитация»). Например, в 2003 году на опытной японской линии маглева «Яманаси» состав на сверхпроводниковых магнитах разогнался до рекордной скорости 581 км/час. Сейчас строится линия маглева «Тюо-синкансен», которая должна связать Токио, Нагою и Осаку.

В целом можно сказать, что сегодня основное практическое применение сверхпроводимости состоит в использовании ее магнитных свойств. Изготовление сверхпроводниковых магнитов дело сложное, а их эксплуатация обходится недешево, но в некоторых областях обойтись без них нельзя. Уже прочно вошло в наш обиход понятие магнитно-резонансной томографии, когда за счет явлений ядерно-магнитного резонанса в атомах водорода в человеческом теле при сильных магнитных полях (приблизительно в сорок тысяч раз сильнее магнитного поля Земли) можно визуализировать внутренние органы, рассмотреть различные типы тканей, выявить опухоли, исследовать функции мозга, сердца, сосудов, мышц и суставов.

НЕЗАМЕНИМЫ СВЕРХМОЩНЫЕ МАГНИТЫ И В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО УПРАВЛЯЕМОМУ ТЕРМОЯДЕРНОМУ СИНТЕЗУ И В УСКОРИТЕЛЯХ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ ВРОДЕ БОЛЬШОГО АДРОННОГО КОЛЛАЙДЕРА.

Конечно, незаменимы сверхмощные магниты и в экспериментах по управляемому термоядерному синтезу и в ускорителях элементарных частиц вроде Большого адронного коллайдера (БАК), которые служат для того, чтобы изучать фундаментальные свойства материи. В БАКе 1 232 сверхпроводящих магнита, каждый 15 метров в длину и весит по 35 тонн. Для их охлаждения используется около 100 тонн жидкого гелия. Но масштабы и продуманность инженерного замысла не уберегли ускоритель от проблем: 19 сентября 2008 года, через две недели после официального запуска, коллайдер вышел из строя, и в его туннель выбросило несколько тонн гелия. Случился квенч, так называют одну из «болезней» сверхпроводящих магнитов: спонтанный переход витков электромагнита в несверхпроводящее состояние. И этот инцидент наглядно показывает, что полностью обуздать сверхпроводимость еще далеко не удалось. Хотя, как всегда в науке, новые открытия вселяют новый оптимизм.



Антон Новгородов

ОДНИМ ИЗ САМЫХ ЗНАЧИТЕЛЬНЫХ НАУЧНЫХ СОБЫТИЙ XX ВЕКА СТАЛО ОТКРЫТИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ.

Уже теплее. Большие надежды

Одним из самых значительных научных событий XX века стало открытие высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП). В октябре 1986 года швейцарские ученые Георг Беднорц и Алекс Мюллер синтезировали принципиально новый сверхпроводник, керамическое соединение на основе оксидов меди, лантана и бария. Температура перехода этого вещества в сверхпроводящее состояние превышала 30 К. Это настолько вдохновило научную общественность, что уже в 1987 году Беднорц и Мюллер получили Нобелевскую премию.

Хотя этого совсем не ожидали теоретики, сверхпроводящие свойства проявляли не металлы, а оксидная керамика, для которой при обычных температурах характерны диэлектрические или полупроводниковые свойства. Это был интересный и многообещающий результат. Но... Драматического порыва в практике идея пока не принесла: магнитное поле, создаваемое протекающим током, при большой величине приводит к разрушению слоистой структуры проводника и необратимой утрате сверхпроводящих свойств.

И поиски продолжаются. В 2019-2020 годах получена сверхпроводимость в гидридах лантана и иттрия при температурах около - 25 °С. Совсем недавно, в октябре 2020 года, исследователи из Рочестерского университета в штате Нью-Йорк, США, группа физиков под руководством Ранги Диаса, зафиксировали сверхпроводимость в кристалле на основе сероводорода и метана при температуре 15 °С. Но при этом для такого результата требуется давление примерно 2,6 млн атмосфер. Что, понятное дело, исключает возможность практического применения этого достижения. Одним словом, хотя есть основания надеяться на новые прорывы, мы еще в самом начале пути.

И чтобы его пройти, нам, похоже, еще долго придется понижать градус. Потому что параллельно идет еще одна гонка: гонка за создание эффективного квантового компьютера. Основанный на недвоичных квантовых элементах, кубитах, такой компьютер сможет совершать огромное количество вычислений с недоступной современным полупроводниковым системам скоростью. И будет пригоден для моделирования веществ и материалов с заданными свойствами, в том числе и сверхпроводящих. А квантовые компьютеры работают при очень низкой температуре – всего на сотые доли кельвина выше нуля. Любые помехи, в том числе тепловые, нарушают квантовую связанность, на которой основана работа таких систем, и чтобы подводить электрический сигнал к кубитам, надо использовать сверхпроводящие кабели. И не исключено, что у порога широкодоступной и экономичной сверхпроводимости, такой же бытовой и доступной, как жидкокристаллические мониторы и светодиоды сегодня, будет стоять глубокий холод Камерлинга-Оннеса. L

Антон Новгородов

ОЛЬГА КВАШЕНКИНА:

«ВЕЛИКА ВЕРОЯТНОСТЬ, ЧТО В СКОРОМ БУДУЩЕМ НАШИ МОЛОДЫЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ ОТКРОЮТ СВЕРХПРОВОДЯЩЕЕ СОЕДИНЕНИЕ, СТАБИЛЬНОЕ В НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ».

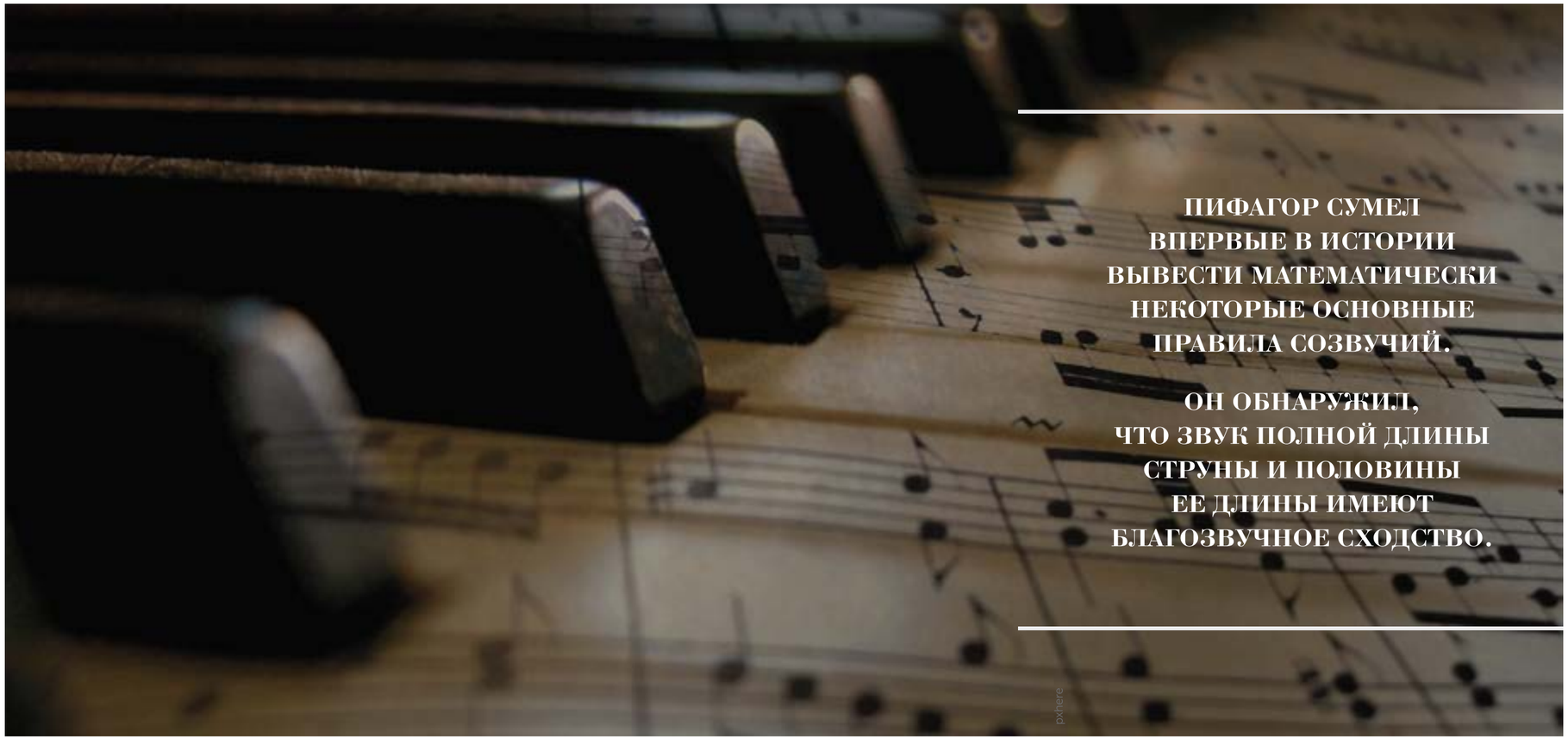
О работе со сверхпроводимостью рассказывает кандидат физико-математических наук, доцент, руководитель научной лаборатории «Самоорганизующиеся высокотемпературные наноструктуры» СПбПУ Ольга Квашенкина.

Тема сверхпроводимости становится все более и более актуальной. В связи с открытием новых материалов, способных переходить в сверхпроводящее состояние при все более высоких температурах, потенциал ее применения возрос. Это одно из базовых направлений профильных научных групп по всему миру. Наибольший интерес ученых и технологов вызывает высокотемпературная сверхпроводимость. Механизм низкотемпературной сверхпроводимости был объяснен в середине прошлого века в теории Бардина-Купера-Шриффера. Это интересная теория, логичная и физически красивая. За нее в 1972 году авторы были удостоены Нобелевской премии, а в наши дни она является базовой теорией механизма сверхпроводимости, вполне понятной для объяснения, и я даю ее своим студентам в курсе «Основы наноэлектроники». А вот для объяснения высокотемпературной сверхпроводимости в наши дни такой красивой теории не существует. Однако на практике мы наблюдаем высокотемпературные сверхпроводники при температурах порядка 77 К, а в последние годы открыты соединения, способные к сверхпроводящему состоянию при температурах около 200 К. При этом нужно сказать, что такие вещества в сверхпроводящем состоянии очень нестабильны, это искусственно полученные соединения, которые живут при больших давлениях, иногда такие соединения радиоактивны. Так, например, некоторые гидриды переходят в сверхпроводящее состояние при температурах 205-207 К при давлении порядка 1,5-2 миллиона атмосфер! Вы только подумайте, как сложно в таких условиях поддерживать длительную сверхпроводимость.

В чем смысл наблюдать и изучать такие сверхпроводники? Дело в том, что для применения низкотемпературных сверхпроводников необходимо опустить рабочую температуру до пределов, близких к абсолютному нулю, а это технически сложно и, самое главное, очень дорого. При этом у самого явления существует много уникальных свойств, например полное экранирование магнитного поля, и важных применений, в частности создание квантовых компьютеров. Поэтому стремление получить сверхпроводники, которые будут являться таковыми при комнатных температурах и при этом не будут требовать сложных условий своего существования, – большая мечта исследователей всего мира.

Санкт-Петербургский политехнический университет не обошел вниманием это перспективное направление. Тематика сверхпроводимости естественным образом стоит и в топе научной работы. Кроме теоретических и экспериментальных исследований, Политех старается готовить новое поколение специалистов в самых актуальных областях науки, техники и технологии. Так, на базе моей лаборатории «СВН» разрабатывается новая международная образовательная программа “Nanotechnology in Industry 4.0”. В рамках программы предполагаются учебные курсы, в которых будут затрагиваться самые актуальные вопросы и аспекты современных технологий наноэлектроники и квантовой электроники, в том числе и вопросы получения новых сверхпроводников на основе объемных соединений с внедренными наночастицами. Данная программа разрабатывается совместно со специалистами из Массачусетского технологического института – всемирно известного MIT. Реализация этой программы – вопрос ближайшего года. При этом уже сейчас существуют пособия для студентов, которые позволяют им ознакомиться с теорией сверхпроводимости. Так, например, наш коллега Марк Аронович Зеликман в 2017 году издал пособие под названием «Основы физики сверхпроводников». Коротко говоря, в последние годы благодаря поддержке руководства нашего вуза и расширению международного сотрудничества Политехнический университет остается лидирующим по интересу к его направлениям как среди ученых, так и среди студентов и абитуриентов. И велика вероятность, что в скором будущем наши молодые исследователи откроют сверхпроводящее соединение, стабильное в нормальных условиях, на базе которого, возможно, будет создан новый класс квантовых компьютеров или эффективные космические аппараты. Эти мечты, вполне вероятно, в скором времени станут реальностью. Как сказал великий ученый Ричард Фейнман: «Чего не могу воссоздать, того не понимаю». Человек может всё, главное понять суть воссоздаваемых вещей, к этому и нужно стремиться.

Математика и музыка: обе рождаются из одного источника?



ПИФАГОР СУМЕЛ ВПЕРВЫЕ В ИСТОРИИ ВЫВЕСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИ НЕКОТОРЫЕ ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА СОЗВУЧИЙ.

ОН ОБНАРУЖИЛ, ЧТО ЗВУК ПОЛНОЙ ДЛИНЫ СТРУНЫ И ПОЛОВИНЫ ЕЕ ДЛИНЫ ИМЕЮТ БЛАГОЗВУЧНОЕ СХОДСТВО.

Почему сочетание звуков определенной частоты так волнует и радует, и как музыке помогает математика, разбирается Иван Ющенко.

Истоки, первые ростки важны во всяком деле. «Рука, качающая колыбель, правит миром» – гласит пословица. С чего началась музыка? Никто и никогда не сможет точно ответить на этот вопрос. Наверно, в какой-то форме она была с родом человеческим всегда. Пляска с топаньем и свистом у костра в пещере после удачной охоты на мамонта – первое, что приходит в голову. Но та музыка, которую знаем мы – с ее выверенными сложными законами, установленными правилами созвучий и диссонансов, учением о контрапункте, тремя «блатными» аккордами, Бахом, Шёнбергом и Аркадием Укупником, синтезаторами и секвенсорами, – началась, пожалуй, с Пифагора. Того самого, чье имя даже у самого нерадивого школяра неразрывно связано с математикой: потому что пифагоровы штаны, по известной причине, на все стороны равны, ну и прочая сумма квадратов катетов.

Пифагор: древние начинают...

Вообще-то этот легендарный древнегреческий мудрец, который жил больше двух с половиной тысяч лет назад, занимался самыми разнообразными вопросами – от политики, переселения душ и вегетарианства до нумерологии и планетарных орбит. И где-то между делом он изобрел монохорд – простенький щипковый музыкальный инструмент, состоящий из одной струны (монохорд по-древнегречески и означает «однострун»), основания, на котором размечена числовая шкала, и подставочки, которая, подпирая струну снизу, регулировала длину ее звучащей части. Конечно, даже «Чижик-пыжик» сыграть на таком устройстве проблематично. Но! Пифагор сумел впервые в истории вывести – математически! – некоторые основные правила созвучий. Он обнаружил, что звук полной длины струны и половины ее длины имеют благозвучное сходство. Сегодня мы скажем, что интервал между ними – октава. Мелодии, сыгранные в разных октавах, практически идентичны. «Все равно, что идти по коридору одного и того же отеля, но на разных этажах», – пошутил по этому поводу автор книги «Музыка в числах»

Эли Маор. Установив главное отношение 1 : 2, Пифагор продолжил опыты и нашел еще парочку приятных гармонических интервалов: квинту (2 : 3) и кварту (3 : 4). Эти и прочие его наблюдения были сведены в музыкальный пифагоров (он же пифагорейский) строй. Исторически его принято считать основой античной одноголосной музыки (в XX веке удалось расшифровать сохранившиеся древнегреческие «ноты» – звучит... так себе) и даже полифонической музыки европейского Средневековья. К сожалению, пифагоров строй в действительности не совершенен и не учитывает законы акустики – это была, скорее, попытка идеализировать простые соотношения целых чисел. Которая вполне укладывалась в знаменитую максиму Пифагора: «Числа правят миром». Нумерология вместо музыки. Исходя из нее последователи Пифагора считали, что всё во Вселенной, включая движение небесных тел, подчиняется законам этой музыкальной арифметики. Сегодня мы относим нумерологию к своего рода числовым суевериям. Вроде «Проклятия Девятой», в которое уверовали композиторы после Бетховена. Густав Малер, например, был убежден, что умрет, если напишет больше девяти симфоний (и действительно, когда он умер в 1911 году, его десятая осталась незаконченной). При этом Гайдн написал 105, а Моцарт 41 симфонию (если на то пошло, то и Бетховен написал их десять, но про одну из них он сам ласково говорил: «Даже мое дерьмо лучше, чем все ваши идеи!»). Однако нумерологический идеал Пифагора очень долго действовал на лучшие умы человечества.

Родившийся через тысячу лет после Пифагора великий астроном Иоганн Кеплер (1571-1630) полжизни посвятил тому, чтобы вывести планетарные орбиты из законов музыкальной пифагоровской гармонии. Он считал, что, вращаясь вокруг Солнца, каждая планета играет мелодию, не слышимую нашим ушам (потому что... ну... слишком низкие для нашего уха частоты якобы). Он даже положил на ноты мелодию для каждой из пяти планет Солнечной системы (их на тот момент было известно только пять) – знаменитая музыка сфер. В 1979 году американский джазовый музыкант и профессор Йельского университета Уилли Рафф совместно с Джоном Роджерсом записал диск на основе кеплеровских идей, названный "The Harmony Of The World" («Гармония мира»), по названию трактата немецкого ученого "Harmonices Mundi". Его можно найти на YouTube. Звучит... эээ... так себе. Как и еще с десяток интерпретаций, которые там есть. При этом в Сети можно найти и многочисленные современные записи «голосов планет»: представленные в виде звуковых колебаний, шумов, портреты электромагнитного спектра различных небесных тел. Это экзотично, хотя мало похоже на музыку, как ее понимает большинство из нас (не принимая в расчет, разумеется, поклонников дадаистских экспериментов, жесткого индастриала и шумового эмбиента). Но сам факт не может не напоминать о словах Пифагора о том, что, глядя на небо, он слышит музыку сфер. К тому же, если верить «Музыкальной энциклопедии», музыка – это то, что «отражает действительность и воздействует на человека посредством осмысленных и особым образом организованных по высоте и во времени звуковых последований, состоящих в основном из тонов». И Пифагор глубоко верил в то, что воздействие музыки на человека поистине разительно. Известно, что он и его последователи использовали особые музыкальные произведения,

СЕГОДНЯ МЫ ОТНОСИМ НУМЕРОЛОГИЮ К СВОЕГО РОДА ЧИСЛОВЫМ СУЕВЕРИЯМ. ВРОДЕ «ПРОКЛЯТИЯ ДЕВЯТОЙ», В КОТОРОЕ УВЕРОВАЛИ КОМПОЗИТОРЫ ПОСЛЕ БЕТХОВЕНА. ГУСТАВ МАЛЕР, НАПРИМЕР, БЫЛ УБЕЖДЕН, ЧТО УМРЕТ, ЕСЛИ НАПИШЕТ БОЛЬШЕ ДЕВЯТИ СИМФОНИЙ (И ДЕЙСТВИТЕЛЬНО, КОГДА ОН УМЕР В 1911 ГОДУ, ЕГО ДЕСЯТАЯ ОСТАЛАСЬ НЕЗАКОНЧЕННОЙ).

СЕРГЕЙ ЛЕ-ЗАХАРОВ: «МУЗЫКА И МАТЕМАТИКА – РАЗЛИЧНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ОПИСАНИЯ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ СУЩНОСТЕЙ».

О личном опыте поиска гармонии между точными науками и самым абстрактным из искусств мы расспросили Сергея Ле-Захарова, ассистента Высшей школы теоретической механики СПбПУ и музыканта-любителя с серьезной подготовкой.

- ЕСТЬ ЛИ СХОДСТВО МЕЖДУ МУЗЫКОЙ И МАТЕМАТИКОЙ, ОЩУЩАЕТЕ ЛИ ВЫ ЕГО?

- С рациональной точки зрения мне это представляется следующим образом. Многие аспекты музыки могут быть описаны математическими соотношениями точно так же, как математика может быть приложена ко многим другим областям человеческой деятельности и окружающего мира: описывать, например, физические или экономические законы, социальные отношения и прочее.

С иррациональной точки зрения мне кажется, что красота музыки может выражать и интерпретировать окружающий мир так же, а иногда и более точно и детально, чем это делает математика. В каком-то смысле музыка и математика – различные инструменты описания одних и тех же сущностей.

- КАКОЙ ЖАНР МУЗЫКИ САМЫЙ МАТЕМАТИЧЕСКИЙ – КЛАССИКА, ПОП, ДЖАЗ, ИНДАСТРИАЛ?

- Я думаю, что любой жанр музыки в той или иной степени можно математически описать, все зависит от глубины погружения в теоретические основы жанра и тщательности анализа.

Относительно недавно я увлекся теорией джаза и могу рекомендовать ее изучение всем музыкально одаренным любителям точных наук – это очень увлекательная дисциплина, открывающая целый мир неожиданных математических (и музыкальных) закономерностей, кроме того, расширяющая кругозор и позволяющая значительно лучше понимать всю современную музыку.

- НУЖНО ЛИ ЧЕЛОВЕКУ, СКЛОННОМУ К ТОЧНЫМ НАУКАМ, ЗАНИМАТЬСЯ МУЗЫКОЙ, И ПОМОГАЕТ ЛИ ЭТО В РАЗВИТИИ АБСТРАКТНОГО МЫШЛЕНИЯ?

- Нужно или нет, наверное, выбор каждого человека. Могу лишь сказать, что мне это точно помогает лучше видеть и чувствовать окружающий мир. Думаю, если человек занимается поисковыми исследованиями (я, к сожалению, не занимаюсь), то музыка может улучшить уровень его интуиции и, таким образом, поможет в работе.

Кроме прочего, любительские занятия музыкой отлично снимают стресс.

- ПОЧЕМУ КРАСОТУ МУЗЫКИ ВОСПРИНИМАЮТ ВСЕ, А КРАСОТУ МАТЕМАТИКИ НЕМНОГИЕ?

- Во-первых, считаю, что красоту музыки воспринимают не все, а некоторые жанры – примерно такое же количество людей, как и красоту математики.

Вернусь к ответу на один из предыдущих вопросов: думаю, что музыка и математика – различные инструменты описания явлений, происходящих в мире. Какими-то инструментами проще научиться пользоваться (хотя бы на базовом уровне), какими-то сложнее.

- В ЧЕМ СЕКРЕТ ВОЗДЕЙСТВИЯ МУЗЫКИ НА ЧЕЛОВЕКА, ЭТО ИНСТИНКТИВНОЕ ВОСПРИЯТИЕ КРАСОТЫ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПРОПОРЦИЙ?

- Я думаю, это, скорее, восприятие многогранности (не только красоты) мира, выраженное через сочетание звуков.

А воздействие происходит на разных уровнях: от физиологического и эмоционального до тонко интеллектуального, в двух предложениях и не описать. Наверное, в этой многофакторности воздействия и состоит секрет.

- БУДЕТ ЛИ КОГДА-ТО ОТКРЫТ И ВЫРАЖЕН В ФОРМУЛАХ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЗАКОН, МЕХАНИЗМ ВОЗДЕЙСТВИЯ МУЗЫКИ НА ЧЕЛОВЕКА? НУЖНО ЛИ ЗАНИМАТЬСЯ ПОИСКАМИ ТАКОГО ЗАКОНА?

- Как исследователю мне была бы не очень интересна такая задача. Но думаю, если в этом направлении активно проводить научные исследования, то можно добиться каких-то промежуточных результатов. Непонятно только, какую пользу это принесет.

чтобы погасить ярость и гнев. Есть легенда, что такой мелодией Пифагор смог остановить юношу, который в припадке безумия собирался поджечь дом, где находилась взаперти его любимая. Пифагор к тому же считал, что музыка исцеляет. И эта его идея, как ни странно, тоже оказалась очень живучей. К ней периодически обращаются на базе новых данных современные ученые.

Еще 1934 году удалось преобразовать в звуковые сигналы показания электроэнцефалографа – прибора, регистрирующего электрическую активность мозга. Так на горизонте появилось направление в исследовательской и клинической медицине, которое теперь называется просто и со вкусом «музыка мозга». В 1943 году нейрофизиолог Е. Беверс и физик-математик Р. Фурт из Эдинбургского университета создали прибор энцефалофон. Он должен был помогать простым врачам общей практики в диагностике неврологических заболеваний. А еще модулированный акустический сигнал предполагалось использовать для благотворной регуляции мозговых волн.

Энцефалофон-чародей?

У нас в стране это направление стало довольно активно развиваться с 1990-х годов. Для начала специалисты записывают индивидуальное сочетание основных частот мозга: альфа-ритм (от 8 до 14 Гц) – здоровый мозг в состоянии покоя, гамма-волны (свыше 30 Гц) – сигнал тревоги, бета-волны (от 14 до 30 Гц) – активное бодрствование, дельта-волны (от 0,5 до 4 Гц) – признак сна. Затем с помощью компьютерных программ и звуковых синтезаторов они преобразовывают биотоки разных отделов центральной нервной системы в музыкальные темы. Такие аудиозаписи, сделанные в спокойные периоды мозговой деятельности, как считается, полезно слушать с оздоровительной целью перед отходом ко сну. Утверждается даже, что положительный эффект при нарушениях сна проявляется у 78-83% больных. А еще, говорят, помогает при головной боли и неврозах, тревожных состояниях и депрессии. А еще вегетативных расстройствах, адаптации к смене часовых поясов и ночной работе, и пр. Но потому ли, что мелодии и ритмы каждого мозга неповторимы, или потому, что у электроэнцефалограммы низкое пространственное разрешение и довольно зашумлённый сигнал, а, может, и по какой другой причине, если послушать эти композиции непредвзято, звучат они... так себе. Примитивный и однообразный звуковой узор. Этому унылому гармонизированию, увы, очень далеко до музыкальных шедевров и даже популярных шлягеров. Но если настоящая музыка настолько сложнее и прекраснее, то, может быть, и у нее есть чудесные и целительные свойства? И сумел ли человек с помощью математики, самой абстрактной из наук, за прошедшие со времен Пифагора 25 веков приблизиться к разгадке феномена музыки, самого абстрактного из искусств? Понять, почему сочетание звуков определенной частоты так волнует и радует?

СУМЕЛ ЛИ ЧЕЛОВЕК С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИКИ, САМОЙ АБСТРАКТНОЙ ИЗ НАУК, ЗА ПРОШЕДШИЕ СО ВРЕМЕН ПИФАГОРА 25 ВЕКОВ ПРИБЛИЗИТЬСЯ К РАЗГАДКЕ ФЕНОМЕНА МУЗЫКИ, САМОГО АБСТРАКТНОГО ИЗ ИСКУССТВ?

«Эффект Моцарта»

Броское словосочетание «эффект Моцарта» регулярно всплывает в информационном пространстве. Часто его трактуют расширительно и предлагают использовать произведения Моцарта, чтобы «навевать целебный альфа-ритм и оздоравливаться». Но, по сути, речь идет о результатах исследования научной группы из Университета Калифорнии. Во время опыта две группы студентов по 10 минут слушали разные фонограммы: сонату Моцарта для двух фортепиано и инструкцию по релаксации для снижения кровяного давления. Третья группа сидела в тишине. После чего испытуемые прошли тест на пространственное мышление из комплекса тестов на IQ. И – внимание: IQ группы, которая слушала Моцарта, оказался на 8-9 пунктов выше! Но участников эксперимента было всего по 12 человек в каждой группе, и длился эффект минут 10-15. Опубликованное в журнале “Nature” в 1993 году сообщение содержало осторожный вывод экспериментаторов, что несложная и однообразная музыка, наверно, и такого влияния на абстрактное мышление человека не окажет. Но пресса любит науку, когда наука дает повод пофантазировать! И сообщение об «эффекте Моцарта» облетело все мировые СМИ. Записи Моцарта стали бойко продаваться, а губернатор штата Джорджия даже решил выдавать бесплатные CD с его музыкой каждой семье в честь рождения ребенка. Видимо, в надежде опередить Оклахому по количеству гениев на душу населения. И очень многие женщины стали во время беременности «объедаться» классическими произведениями в надежде родить вундеркинда (видимо, трезво рассудив, что в их случае надеяться, что ум передастся по наследству, не приходится).

Подогревали эти большие надежды и примеры гениев. В первую очередь патентованного гения Альберта Эйнштейна (с его знаменитой скрипкой и менее знаменитым фортепиано). Еще бы, ведь даже старший сын создателя теории относительности говорил: «Когда он чувствовал, что зашел в тупик или сложное положение в своей работе, он находил убежище в музыке, и обычно это разрешало все его затруднения». А ведь из пионеров квантовой теории музыкой увлекались и Макс Планк, и Пауль Эренферст – оба прекрасные пианисты, а Вернер Гейзенберг, прежде чем отдаться теоретической физике, даже планировал стать профессиональным музыкантом. Но, к сожалению, даже без публикации все в том же “Nature” в 1999 году материала, развенчивающего «эффект Моцарта», было ясно, что в массовом сознании речь идет, скорее, об эффекте лотереи: желании получить нечто ценное без усилий. Но вреда от этого эффекта в данном случае гораздо меньше, чем, скажем, в случае с финансовой пирамидой. И научиться самим, и научить ребенка получать удовольствие от хорошей музыки – это уже неплохо, а там – чем черт не шутит! Ведь сказал все тот же Эйнштейн: «Музыка никак не влияет на научную работу, но обе рождаются из одного источника и дополняют друг друга в том, какое удовольствие приносят».

И может быть, именно ваш ребенок – только потому, что вы вовремя включили ему Моцарта, или Хиндемитта, или Юрия Лозу – станет следующим Эйнштейном и решит на уровне стройных уравнений до сих пор неприступную загадку: почему же музыка так необходима человечеству? Это возможно, хотя бы по закону больших чисел. А числа, как заметил Пифагор, правят миром. А он многое знал о музыке и математике еще две с половиной тысячи лет назад. Когда его рука качала их колыбель. L

ГРИБНОЕ ЦАРСТВО: РАСШИФРОВАТЬ ВСЕ ТАЙНЫ

pxhere

Верите ли вы, что грибы правят миром? А в чем-то это так и есть. Грибы – совсем не то, что кажется, и знаем мы о них лишь чуть больше, чем ничего.

текст: Анна Конева

Мы даже не знаем, растения они или животные, или и вовсе, как утверждал Сергей Курёхин в знаменитой мистификации «Ленин – гриб», имеют волновую природу. Мифов о грибах множество. Мы относимся к ним с уважением и опаской: собираем, низко кланяясь, перепроверяем несколько раз, не ядовиты ли, тщательно готовим и угощаем самых близких. Грибы бывают разные. Самые знакомые нам, конечно, лесные, часть из которых съедобные, а остальные могут натворить бед. Однако помимо лесных знакомцев, есть и множество других грибов. Некоторые из них и выглядят-то непохоже и необыкновенно, а другие обладают совершенно невообразимыми свойствами.

Кто они?

Правда в том, что грибы на самом деле представляют собой особый вид, они не совсем растения и точно не животные. С растениями их роднит неподвижный образ жизни, наличие клеток и клеточных оболочек, способ питания растворенными в воде питательными веществами и способность непрерывно расти.
С животными грибы схожи наличием хитина и гликогена в клетке. Ученые, посовещавшись, решили отвести грибам собственную зону, потому что есть в грибах и уникальность – только у них есть грибница, научно говоря мицелий, особое вегетативное тело, состоящее из нитей, которые гриб выпускает и управляет ими по собственному разумению. Так что грибы – это отдельное царство живой природы наряду с растениями, животными и бактериями.

Живут грибы везде, а питаются мертвыми органическими остатками, превращая их в простые органические соединения. Ученые пока не могут договориться о возрасте грибного царства, много или очень много миллионов лет – примерно такой диапазон споров. Грибы точно появились еще до сухопутной жизни, то есть в древних водоемах они уже существовали. Самые древние останки грибов, найденные учеными, датируются возрастом в 3 млрд лет и относятся к архейской эре. Кембрийская эра (около 600 миллионов лет назад) позволила грибочкам серьезно распространиться по планете, а в каменноугольный период (300 миллионов лет назад) грибы окончательно утвердились в трех видах согласно типу питания: сапротрофы, паразиты и микоризообразователи.

Первые питаются мертвой органикой и отлично живут в прелой листве, под корнями, в трухлявых пнях и прочих тепленьких местечках, о которых знают бывалые грибники.

Вторые исключительно общительны и выстраивают сложную систему взаимоотношений с другими живыми объектами – это могут быть деревья, сельскохозяйственные культуры и даже человек. Болезни, вызванные таким грибами, называются микозы, они трудно лечатся и не сразу выявляются. Человек тоже подвержен микозам, у нас грибы любят селиться в кишечнике, бронхах, на слизистых. Грибы-паразиты полностью зависят от своего хозяина, они буквально высасывают его жизненные силы, могут вызывать серьезные болезни и наносить существенный урон здоровью.

Третьи же живут в симбиозе с деревьями на их корнях (микориза в переводе – «грибокорень»). Эти грибы практически становятся частью корня дерева, с которым они живут, полностью обволакивая корень так, что тот не соприкасается с землей. Грибница подползает к корню, засовывает в него отростки и питается продуктами фотосинтеза. Микориза – это своего рода долгосрочный союз гриба и дерева, так что от паразитов микоризообразующие грибы отличаются известной порядочностью. Некоторые грибы не могут жить без своих любимых деревьев, так, трюфели живут только в буковых лесах, а о подосиновиках и подберезовиках вы и сами наслышаны.

Ножка, шляпка и другие украшения

Грибы, которые мы привыкли собирать в лесу, выглядят вполне симпатично, а некоторые и вовсе роскошно. Самый прекрасный, разумеется, мухомор, украшенный яркой шляпой затейливой формы и возвышающийся над своими собратьями зачастую на целую голову, то есть шляпу. Есть красивейшие поганки, украшенные воланами, юбочками и прочими кружевами, есть грибы необычных цветовых оттенков, среди которых вполне съедобный нежно-голубой млечник, есть грибы люминесцентные, которые светятся в темноте, есть даже «кровоточащий» гриб, его еще называют «клубника со сливками» (есть не стоит, он только для красоты), а самый необычный, пожалуй, решёточник красный, похожий вовсе не на гриб, а на детскую игрушку-головоломку ярко-алого цвета. Видов грибов насчитывается великое множество, и фотоохота на них – занятие не менее увлекательное, чем сбор для вкусного стола.

Грибы съедобные отличаются строением плодового тела и интригой их добычи. Правда, в последние два года грибники свидетельствуют богатейший урожай грибов в лесах – может, и правда, пришла пора грибам выходить на свет? Знания о съедобных грибах пригодятся каждому грибнику, любители точно знают и их отличительные признаки, и повадки – где они любят прятаться, и как распространяться. Помимо съедобных существуют условно-съедобные грибы (очень сложно все в этом хитром царстве): они либо горький сок выделяют, либо толику яда содержат, так что их полагается вымачивать перед приготовлением или другим способом уговаривать превратиться в еду.

СРЕДИ НЕСЪЕДОБНЫХ ГРИБОВ ЧАСТЕНЬКО ВСТРЕЧАЮТСЯ ДВОЙНИКИ СЪЕДОБНЫХ. ДА ТАК ЛОВКО ОНИ МАСКИРУЮТСЯ, ЧТО ПОДЧАС И ОПЫТНЫЙ ГРИБНИК НЕ РАЗБЕРЕТ. ВОТ И ВОЗНИКАЕТ ВОПРОС, ЗАЧЕМ ГРИБАМ ТАКОЕ КОВАРСТВО?

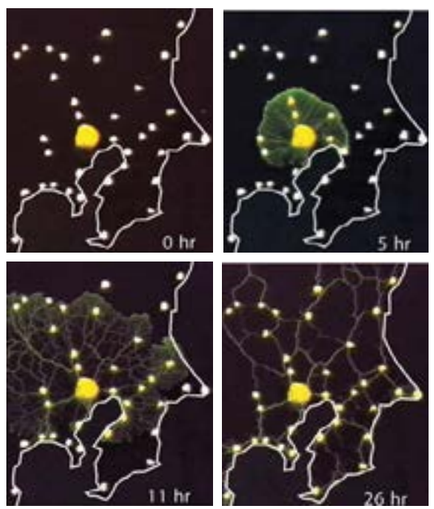
Среди несъедобных грибов частенько встречаются двойники съедобных. Да так ловко они маскируются, что подчас и опытный грибник не разберет. Вот и возникает вопрос, зачем грибам такое коварство? И кто кого имитирует – полезный ли гриб пытается таким образом замаскироваться, чтобы не быть пойманным, или вредный мимикрирует, чтобы навредить человеку? Однозначного ответа на этот вопрос нет. Легко из ядовитых мы разве что мухомор определим, да и то ошибемся, есть ведь и съедобные мухоморы! И вообще, ядовитость грибов, как считают некоторые ученые, оказывается продуктом не грибной эволюции, а нашей, человеческой: в целях выживания лучше, чтобы человек к грибам относился с опаской и не злоупотреблял их приемом в пищу. Грибы и для пищеварения тяжеловаты, и пользы в них практически нету, и за счет хитрости питания самих грибов опасность для рода человеческого довольно высока. Сами же грибочки – ядовитые и нет – в любом случае родственники, так что сходство их естественно. Так или иначе, лживые опята или нечестные лисички могут сильно навредить невнимательному грибнику.

Увидеть иные миры

Грибы загадочны еще и потому, что зачастую служат проводниками в иные миры. Галлюциногенные грибы известны человечеству давно. Они содержат психоактивные вещества, которые влияют на сенсорику, моторику, память и воображение, эмоции и даже характер мышления. Первые сведения об употреблении психоактивных грибов теряются в веках: уже в архаических культурах жрецы и шаманы употребляли грибы, чтобы перейти в измененное состояние сознания. Псилоцибиновые грибы, один из наиболее распространенных галлюциногенов, вызывают зрительные и слуховые галлюцинации и повышенную эмоциональность. Галлюцинаторные трансы, вызванные ими, могут быть в диапазоне от волшебных до очень мрачных, известны и случаи суицидов, вызванных употреблением грибов. Трансовые путешествия, в которые люди отправляются вместе с грибами-проводниками, могут быть небезопасны, и кто знает, куда приведет употребление активных шаманских грибов. Они наносят вред центральной нервной системе – и еще какой!

Грибы умные и грибы опасные

Свойства грибов всегда интриговали человека. Некоторые ученые даже проводили эксперименты, пытаясь доказать их разумность. Так, японский биолог Тошиюки Никагаки исследовал гриб на интеллект. Он использовал лабиринт, у входа в который клал гриб, а у выхода – сахар. Гриб-слизевик (научное название – Physarum polycephalum), словно ведомый вкусненьким, выпустил грибные нити в поисках еды. На всех разветвлениях лабиринта нити раздваивались. Как только одна из них попадала в тупик, она разворачивалась и далее безошибочно следовала по маршруту более успешной. Довольно быстро гриб добрался до сахара. В следующем эксперименте тот же гриб выпустил всего две нити, одна из которых безошибочно прошла лабиринт, а вторая поднялась над лабиринтом и попросту сжульничала, добравшись до сахара напрямую. Третий эксперимент и вовсе потряс Тошиюки Никагаки. Вместо лабиринта ученый использовал объемную карту Японии, разместив гриб на месте столицы, а сахар на всех точках крупных городов. И на этот раз P. polycephalum пустил свои многочисленные нити – и шли они к сахару оптимальными дорогами. Гриб так разросся, что не только добрался до всех лакомств, но и сформировал между ними разветвленную сеть путей, сильно напоминающую реальную схему японских железнодорожных магистралей. Оказалось, что для гриба-слизевика нет разницы, между какими точками искать самые быстрые и удобные пути. Однако объяснить, как грибу в считаные часы удалось построить сообщение, на которое у японских инженеров ушли годы разработок, ученый так и не смог.



Вообще, грибы-паразиты, пожалуй, самые умные из всех. Есть грибы, которые заставляют муравьев сходить с ума и отправляться по неизведанному маршруту к собственной смерти. Муравьи, отведав Ophiocordyceps unilateralis – гриба, прозванного учеными «зомби», забывают о своих прямых обязанностях по обслуживанию муравейника и отправляются в путь, чтобы найти конкретное дерево с конкретным уровнем влажности. Там муравьишка совершает суицид, буквально разбивая себе голову о кору дерева, а гриб преспокойно прорастает сквозь тело муравья, обеспечивая себе нового хозяина – дерево.

Грибы-паразиты могут быть и полезны, конечно. Так, из плесени выделен пенициллин, а биологи из Йельского университета обнаружили грибы, способные разлагать пластик, чего до сих пор не добились никакие защитники природы. Есть грибы, которые питаются исключительно радиоактивными отходами, есть те, которые умеют размножаться и жить в космосе, в полном отсутствии атмосферы.

МАРИЯ САМСОНОВА:
«НАМ ВПЕРВЫЕ УДАЛОСЬ РАСШИФРОВАТЬ ГЕНОМ НЕСКОЛЬКИХ РАС ГРИБА FUSARIUM OXYSPORUM, КОТОРЫЙ ПОРАЖАЕТ ЛЁН, И СОБРАТЬ ЭТОТ ГЕНОМ В ОТДЕЛЬНЫЕ ХРОМОСОМЫ».

Профессор Высшей школы прикладной математики и вычислительной физики СПбПУ и заведующая Научно-исследовательской лабораторией «Математическая биология и биоинформатика» Мария Самсонова рассказала о грозных грибах, которые нападают на растения и могут нанести существенный урон сельскому хозяйству. Опасным является, например, фузариоз – одно из самых серьезных заболеваний растений: *«Фузариозное заболевание – это повсеместная проблема, и я не могу выделить какой-то регион, где его точно нет. Но интересна сама история фузариоза. Его обнаружили в конце XIX века в России на Дальнем Востоке. И постепенно это заболевание стало распространяться в другие районы. Но особенно активно фузариоз проявляется в регионах с теплым и влажным климатом. И в связи с климатическими изменениями появляются новые области, благоприятные для этого заболевания. Так, в начале XXI века фузариоз зерна обнаружили уже в Ленинградской области»*. Грибы постепенно мигрируют, угрожая урожаю, а через него – людям. *«Грибы Fusarium проникают в растение и не сразу его убивают, а перестраивают метаболизм растения в свою пользу,* – поясняет Мария Георгиевна, – *так, чтобы размножаться в этом растении и использовать его метаболиты как питательные вещества. А потом уже клетки растения гибнут»*.

Хитрость грибов и сложность их устройства затрудняет изучение этих уникальных созданий. Сегодня для изучения грибов используются новейшие технологии, в частности биоинформатика, которая позволяет моделировать внутренние процессы, происходящие во взаимодействии гриба и растения, на котором он паразитирует. *«В лаборатории “Математическая биология и биоинформатика” мы изучаем, как гриб взаимодействует с растениями. Для того чтобы направленно и в кратчайшие сроки создавать устойчивые к заболеванию сорта, необходимо расшифровать механизмы такого взаимодействия. Мы применяем методы биоинформатики и геномики в своих исследованиях. Нам впервые удалось расшифровать геном нескольких рас гриба Fusarium oxysporum, который поражает лён, и собрать этот геном в отдельные хромосомы, что было нетривиальной задачей. И следующий этап – характеристика коллекции льна Федерального научного центра лубяных культур и изучение того, что происходит с грибом и растением при заражении, как перестраиваются все процессы в растении при проникновении гриба»*, – говорит профессор Самсонова.

Расшифровка генома столь сложного существа, как гриб, действительно, задача нетривиальная. И пусть пока это всего лишь одна из модификаций – ведь одних только Fusarium насчитывается около 300 видов, мы все равно знаем теперь о грибах чуть больше. Правда, и грибы не дремлют. Между грибом и растением, как говорит профессор Самсонова, происходит «гонка вооружений»: если мы создаем устойчивый сорт льна, то гриб очень быстро эволюционирует и вырабатывает новые механизмы, чтобы обойти устойчивость растения. К счастью, на стороне растений оказываются ученые и новые технологии, среди которых биоинформатика – новая отрасль знаний, позволяющая на молекулярном уровне работать с данными. Мария Георгиевна гордится своей лабораторией и уверена, что биоинформатика и математическая биология – это настоящие профессии будущего. *«Биологический эксперимент очень дорог, он требует времени и большого количества вложений,* – объясняет профессор Самсонова. – *Биоинформатика экономит время, трудовые ресурсы и деньги. Более того, позволяет моделировать эксперименты, которые проводить нельзя. Мы же не можем у человека получать мутации, зато можем смоделировать метаболический путь или какую-то другую систему организма и сформулировать гипотезы о механизмах возникновения какого-то заболевания»*.

Исследование грибов при помощи биоинформатики открывает новые перспективы. Теперь уже не грибы будут править миром. Ученым удается узнать о них все больше и больше, понять природу их воздействия на другие организмы и поставить на службу человеку.

ПОСТМОДЕРН УМЕР, ДА ЗДРАВСТВУЕТ МЕТАМОДЕРН?

Незавершенный и, скорее всего, невозможный переход от модерна к постмодерну, привел к пониманию того, что постмодерн недостаточен для формирования неочевидной картины познания реальности. Кандидат философских наук Дмитрий Попов размышляет о месте науки и человека в современном мире.

Александр Ляшки

О современном мире, в котором существуют старые проблемы

Современный мир со всеми его вызовами человеку со стороны природы и культуры вновь, как и много раз в истории человечества, ставит перед научным сообществом вопрос о способности контролировать и даже прогнозировать процессы, происходящие вокруг нас. Повторяемость вызовов должна была нас чему-либо научить, дать надежду на возможность подготовиться к последующим вызовам, или даже определиться с причинами неготовности к текущим, но этого не происходит. Во многом причины подобного видятся в неготовности элит к признанию своих ошибок, снижении эффективности государственных институтов, кризисе экспертизы, недоверии к решениям политической власти и даже страхе перед необходимостью модернизации, неготовности к уменьшению индивидуальных потребностей ради общего блага. Никуда не делись и вопросы глобального неравенства, международные конфликты, социальные кризисы и вопросы доступа большей части населения Земли к важнейшим ресурсам, обеспечивающим приемлемое качество жизни.

Глобальные проблемы и их воплощение в конкретном социальном пространстве и времени отличаются, и во многом предстают перед нами через обработанный и подготовленный под наше потребительское поведение контент. Его цель может быть абсолютно разной – от желания научить и проинформировать до необходимости напугать, впечатлить и продвинуть те или иные стандарты потребления, поведения и участия.

Вопрос о категориях порождает историческое описание

Индустриальное общество (общество модерна и, что не менее важно, общества, ставшие основой для научного познания мира, – рационализма, прагматизма и сциентизма) сложилось под влиянием целого ряда социальных, культурных и политических процессов в Европе XVI века. Возрождение, Реформация, формирование концепта национального суверенитета и многое другое вызвали последующее доминирование Европы и развитие науки, в том числе как инструмента международной конкуренции, колониальной экспансии и повышения качества жизни населения. Общество модерна видело в технологическом прогрессе и научном познании мира инструмент реализации долгосрочных стратегий развития, обеспечения себя ресурсами и ответами на вызовы со стороны природы. С XX века эти ответы стали недостаточными, в первую очередь – для пространства философии, культуры и искусства, что повлияло на появление в гуманитарных дискуссиях категории «постмодерн», как ответ на «кризис» или «закат» модерна.

Кризис выражался в том, что модерн в первую очередь отражал стремление элит (в том числе и научных) к формированию понятного и принятого ими вида существующей реальности и инструментов познания. Изменяя и совершенствуя эту реальность, модерн ограничивал и управлял развитием, разрушая индивида, встраивая его в насильственную реальность. Постмодерн, отрицая и деконструируя модерн, должен был дать индивиду собственную историю, свой взгляд, свои интересы и свою жизнь, а возможно, и свое место в существующей реальности или множестве этих реальностей. В конце XX – начале XXI века появились попытки описания новой реальности, которые находятся в поиске приемлемого термина для критики постмодерна и создания нового явления, новой философии развития, реконструкции ценностей, деконструированных постмодерном. Одним из вариантов данного термина стало понятие «метамодерн».

Конструкция и деконструкция

Если модерну мы во многом обязаны технологическим прогрессом, то постмодерн может получить свою долю благодарности за возможность индивидуального выбора, свободное проявление иррациональности и наличие множественного и признаваемого выбора в жизни каждого из нас. Как и всякому явлению, созданному человеком, модерну и постмодерну присущи негативные характеристики. Модерн обвиняется в бездумном технологическом прогрессе и эффективности как основе истинности. Для критики постмодерна характерно упоминание о вседозволенности автора и интереса, а также игнорирование любых авторитетов и стремление к деконструкции всего и всех. Вопрос о переходе к новому восприятию и поиску замены постмодерна во многом связан с теми же самыми процессами, что привели к его появлению и всеобщей значимости.

Системный кризис современности обращает наше внимание к делам давно минувших дней

Весь мир 2020 года находился в системном кризисе, основанном как на «Черном Лебеде» – COVID-19, так и на атмосфере кризисных процессов в глобальной экономике, международных отношениях, экологической обстановке с учетом тех социально-политических процессов, которые лишь усиливают нестабильность в отдельных макрорегионах и странах мира. Столкнулся с кризисом и отдельный человек, признанный свободным и частично рациональным: он оказался совершенно не готовым к ответственности и одиночеству – как в Сети, так и в реальной жизни. Во многом повторяются события начала XX века, когда после ужасов Первой мировой войны и экзистенциального кризиса множество людей оказались вне рамок привычной реальности: без защиты ушедших в прошлое социальных институтов, один на один с ужасами прогресса (представшего перед ними в образе разрушительного оружия массового поражения, машин для массового же контроля и производства), с утерянным прошлым, неуправляемым настоящим и пугающим будущим. При этом желание быстрых перемен, страх перед неизвестностью и кризис гуманистической веры в человечество создали взрывоопасную смесь, ставшую основой для идей и практик тоталитаризма (идей модерна). И, как мы знаем, страх будущего вполне оправдался еще большими кошмарами Второй мировой войны. Конечно, мы не можем сравнивать технологическую, социальную и идеологическую ситуацию начала XX века в силу кардинальных различий, но некоторые аналогии напрашиваются, ведь человечество всегда любит находить в своем прошлом уроки и повторение ситуаций.

Никуда не ушли и причины, вызвавшие минувшие катастрофы. Технологии меняют мир вокруг нас, но меняют ли они наше отношение к миру? Можно ли сказать, что наше возрастающее знание о COVID-19, процессах старения или процессах, происходящих в Солнечной системе или микромире, меняет наше отношение к болезни близкого, смерти, индивидуальным страхам и мечтам? Делает ли совершенство знаний нас более счастливыми или, наоборот, становится невыносимой ношей, угнетающей нас (постмодерн)?..

Новая архаика

Технологический прогресс приводит к постановке новых вопросов, напоминающих дискуссии начала XX века о химическом оружии, правилах войны. Так, например, на 21-м Коллоквиуме по международному гуманитарному праву в Брюгге в октябре 2020 года в рамках дискуссии на тему «Новые технологии на поле боя: друзья или враги?» обсуждались вопросы, связанные с использованием беспилотных летательных аппаратов, автоматических боевых систем и кибероперацій, и опасностью, которую несут данные технологические новинки населению. В то же время мы наблюдаем, как эти технологии применялись в конфликте на Южном Кавказе (Нагорный Карабах) и контент войны вполне популярен. Международный терроризм – еще один ответ кризиса традиции на вызовы модернизации и глобализации, возвращает нас к «премодерну» – вопросам традиции, табу и веры, вопросам, где есть только один вариант правильного ответа и только один выбор, основанный на позиции, разделяемой «своими» в мире «чужих». Премодерн в мире постмодерна не просто возможен, он вполне очевидно проявляет себя в виде гибридов: событий, решений, контента. Будь то «убийства чести» или ритуалы в видеоформате, тайные и не очень практики, продвигаемые в социальных сетях, разнообразие специализированных порталов или телеграм-каналов, «призывы проповедников» и «праведные реакции толпы», демонстрируемые и продвигаемые на весь мир посредством «цифры».

Технологический прогресс и социальный кризис современности

Технологический прогресс конца XX – начала XXI века дал множеству людей надежду на быструю возможность вхождения в светлый мир будущего, снимающий ограничения на развитие, декларирующий всеобщее технологическое равенство и доступ ко все более совершенствующимся средствам обмена информацией и поиска ответов на главные вопросы во Всемирной паутине. Но эти надежды во многом основывались на потребительском отношении к технологиям и затрагивали лишь небольшую группу научных открытий и технологий.

Общество в 2020 году столкнулось с одним из самых интересных вызовов в современной истории. С одной стороны, существует необходимость сохранения достигнутого уровня индивидуального и группового благосостояния и личных свобод – достижений постмодерна. Но с другой – экономическое развитие, развитие технологий, вопросы безопасности в условиях пандемии могут стать угрозой стабильности существующего социального порядка. Ставка на онлайн-экономику и онлайн социальную практику оказалась верной и позволила ряду отраслей успешно войти в кризисную реальность, но и она может не справиться со все более затратным обеспечением базовых потребностей постмодерна, во многом доступным лишь развитым странам и зонам, группам модернизации в остальном мире. Многообразные и все более совершенные электронные услуги (от электронного правительства до социальных сетей и нейросетей) вполне успешно сокращают «постиндустриальную» занятость в сфере услуг, посреднических операций, государственной службе и даже в индустрии моды и иных креативных профессиях постмодерна. А промышленное производство и товарное сельское хозяйство модерна вполне себе активно используют автоматизированные системы, все более успешно заменяющие человеческий труд.

Утопии и антиутопии рисовали нам пугающий или, наоборот, вдохновляющий мир будущего. В одних вариантах человечество будет стремиться к самосовершенствованию на основе безусловного базового дохода креативного класса, в других вариантах мы будем иметь дело с обездоленными массами «новых потребителей», «прекариатом», претендующим в лучшем случае на хлеб и зрелища. Будущее уже творится на наших глазах. Перед государствами и общественными группами всего мира стоит множество сложнейших задач по подготовке и трансформации социальных и политических институтов. Одним из вопросов научно-технического прогресса современности становится вопрос о занятости большинства населения, и о том, к каким политическим последствиям это приведет, кто будет генерировать эту новую реальность и каким будет новый мир, а значит, и новая философия.

Александр Ляляшки

Наука и образование

Современный мир показывает нам беспрецедентную по меркам истории открытость научного знания и широкое распространение научных коммуникаций. Но науки – естественные и гуманитарные – во многом остаются уделом научного сообщества, заказчиков и любителей, пространством индивидуального выбора и вкуса.

Несмотря на активное продвижение научного контента, выбор, в первую очередь среди молодежи, делается в пользу развлечений, а «общество знаний» не стало заменой или даже альтернативой «обществу потребления», эволюционировав, скорее, в концепт «общества впечатлений». Возможно, перед нами базовая ситуация и естественная эволюция современного общества в рамках заданной постмодерном траектории, и нет нужды что-либо менять. В любом случае научное знание модерна по-прежнему остается востребованным со стороны государств, корпораций и групп интересов, а значит, университеты, научные центры – как центры воспроизводства и генерации научных кадров, будут привлекать молодые таланты.

Нужно ли менять потребительское отношение к науке, вновь ставить науку на первый план человеческого развития и стремиться к всеобщему распространению знаний и научного подхода к миру и событиям вокруг нас? Являются ли знание и наука в целом полезными и эффективными, только когда достижения применимы, интересны и могут быть коммерциализированы, а университет – успешным, когда стремится к предпринимательской модели и достижению KPI?

После постмодерна – неомодерн, метамодерн, ультрамодерн...

Вопрос о формировании новых ценностей, существующей, а не предполагаемой или деконструированной реальности, возвращение в новом виде теорий и практик модерна, основанных на преодолении социальных вызовов, экологических проблем и построении новой реальной экономики будущего, вызывает в гуманитарном сообществе необходимость поиска замены, деконструкции или критики практик постмодерна с его игрой со зрителем, читателем, текстом и символами. Эта необходимость и одновременно сложность определения текущего состояния реальности находит свое отражение в поиске и дискуссиях по проблеме. Можно лишь отметить, что, например, метамодерн предполагает возвращение к высшим целям, сочетая стратегию модерна на прогресс и общее развитие, формирование ценностных стандартов и тактику постмодерна на индивидуальные ценности и образы восприятия реальности. L

Изоляция: правила социального выживания

Вирус ставит перед нами барьеры, вынуждает защищаться, замыкает нас в кругу собственных переживаний и квадратных метров. В условиях нестабильности и фоновой тревоги важно находить опоры для себя. Психотерапевты настаивают на необходимости установления здоровых границ общения в меняющемся пространстве с целью обретения нового себя – дистанционно включенного. Об изоляции и способах ее преодоления размышляет кандидат психологических наук Анастасия Таболина.

Переходные состояния, циклы развития, точки роста, кризисные эскалации... В психотерапии много терминов, описывающих качественно новое состояние в жизни человека. Мы живем в непростое время, еще несколько лет назад сложно было представить, что когда-то столкнемся с ситуацией вынужденной изоляции.

Социальная изоляция

Этот тип изоляции рассматривается как ограничение контактов с внешним миром. Человек – существо социальное, сказал Аристотель, и чтобы выживать, нам важно живое общение. И здесь встает вопрос: дистанционное общение – оно живое? Однозначного ответа нет: одни утверждают, что живым общение можно назвать тогда, когда соблюдены три условия: мы находимся в непосредственной пространственной близости друг от друга, можем осуществлять тактильные манипуляции друг с другом, объединены общим интересом и можем осуществлять открытую диалоговую коммуникацию друг с другом. Получается, что если убрать «тактильные манипуляции», то общение перестает быть живым? Но можем ли мы компенсировать телесные прикосновения словесными? Мы опросили студентов Политехнического университета на предмет того, как они понимают, что такое «живое общение» в дистанционном формате? Свыше 69% опрошенных отметили, что параметрами живого общения в дистанционном пространстве выступают «включение эмоций», «искренний интерес к другому», «активный обмен сообщениями», «живые эмоджи (говорящая голова человека, вздохи, др.)», «разделенные чувства (когда меня понимают и принимают мои переживания)», «небезразличное участие в чужой судьбе», «звонки», «видеообщение», «групповые игры в MS Teams (в «Мафию» играем всей группой, ужинаем перед камерой, разделяем мысли друг друга)», и пр. Таким образом, живое общение можно и нужно включать в дистанционном формате, важно взращивать мысль: даже если я один в комнате, я могу выйти на связь со значимым другим, просто нажав кнопку девайса (телефон, ноутбук, планшет и т.д.).

Психологическая изоляция

Самая сложная форма ограничений – запрет на общение, продиктована не внешними факторами, а внутренними. Человек замыкается в кругу своих переживаний, сложных чувств и состояний. Психологически сложнее переживать пандемию людям старшего возраста, одиноким, впечатлительным, людям, имеющим в анамнезе психиатрические заболевания, конфликтным и ранимым. Сложные черты характера и индивидуальные особенности могут привести к исключению себя из пространства внешней среды и даже из дистанционного пространства. Как раз с началом пандемии на базе Политеха профессиональными психологами на волонтерских началах был создан дистанционный центр психологического консультирования Digital Psy Tech – многофункциональная площадка для личностного роста, развития молодежи и сотрудников. Все желающие могут пройти бесплатные мастер-классы и семинары по нейрографике, техникам совладания со стрессом, и др. Человеку нужен человек, быть услышанным, увиденным, понятым и принятым – это важная составляющая психологического благополучия и роста каждого из нас.

Физическая изоляция

Физическая изоляция рассматривается Мариной Оленниковой, к.психол.н., доцентом СПбПУ, как ограничение передвижения в пространстве, запрет на нарушение границ. Подобный вид изоляции часто продиктован извне. В пандемию органы власти пристально отслеживали возможные нарушения постановлений с целью контроля ситуации по заболеваемости COVID-19. Многим людям запреты на передвижение и физическая изоляция даются очень тяжело. Причинами протестных настроений могут быть: психологические «не люблю, когда мне запрещают», личностные «я – холерик, не терплю общества других рядом 24/7», психофизиологические «задыхаюсь от нехватки свежего воздуха, посторонних запахов», и т.д.

Про важность общения

Общение, социальные контакты, эмоциональная близость важны для нашего психического здоровья. К счастью, мы можем поддерживать связь друг с другом, используя телефон, веб-камеру и многие другие онлайн-форматы. Самое время быть общительным, а не изолировать себя от людей. Мы созданы как социальные существа – и технологии помогают нам такими оставаться.

За годы психотерапевтической практики я неоднократно наблюдала, как люди реагируют на неожиданную необходимость проводить больше времени со своими супругами, партнерами, детьми и другими родственниками. Некоторые прекрасно справляются с этой внезапной близостью, а другие испытывают повышенный стресс. Многим бывает сложно выйти в пространство сотрудничества, где Я + Ты = Мы. Нерешенные проблемы прошлого в такой ситуации усугубляются, а наши худшие стороны проявляются ярче.

Как справиться с паникой и страхом?

Из-за долгого времени, проведенного в одиночестве, люди могут испытывать страх и панику. В чем отличие страха от паники? Страх часто основан на собственном негативном опыте, тогда как паника имеет источник, находящийся за пределами человека.

Проявлением страха потери является скупка товаров первой необходимости (хлеб, крупы, лекарства, консервы), тогда как люди, подверженные панике, начинают совершать массовые иррациональные покупки типа туалетной бумаги, имбиря и т.д.

Даже если реального дефицита товаров нет, желание покупки складывается из психологической зависимости от мнения личных авторитетов, которыми могут выступать СМИ, лидеры общественных мнений или звезды шоу-бизнеса.

Как начинается и распространяется паника?

Чтобы паника возникла, ее источник должен быть продолжительным по времени, интенсивным по силе или ранее неизвестным. Паника активно распространяется через слухи и СМИ как реакция на социальные, экономические и политические события.

В условиях паники снижается критичность мышления, адекватное восприятие реальности, возникает феномен катастрофизации. Срабатывает эффект психологического «массового заражения». Тревожные и впечатлительные люди чаще поддаются панике.

Как защитить себя от паники?

Необходимо переключить свое внимание так, чтобы панические мысли не занимали вас полностью. Для этого можно воспользоваться этими простыми рекомендациями:

- **выпить стакан воды, умыть лицо или принять душ;**
- **начать проговаривать все, что делаете, вслух. Говорите с собой, поддерживайте себя, подбадривайте;**
- **сделать упражнение на дыхание (вдох-выдох на счет раз-два);**
- **полностью расслабить тело (при возможности лучше сесть или лечь), как будто оно стало невесомое, воздушное, закрыть глаза, включить музыку;**
- **переключить мысли на решение конкретных бытовых задач: приготовление еды или заваривание чая, поливка цветов, уборка. Задачи должны быть небольшими по времени и иметь видимый результат;**
- **еще один хороший способ при возникновении панических мыслей или желания совершения каких-либо поступков – задавать себе вопрос «зачем?» или «почему?»: зачем мне покупать этот товар в магазине, чем он поможет в моей ситуации, почему я волнуюсь, чего я по-настоящему боюсь или опасаюсь? Вопросы нужно задавать себе до тех пор, пока после очередного вопроса ответ не будет настолько простым и очевидным, что не потребуется задавать этот вопрос снова.**

«Тест на всемогущество» – могу ли я как-то повлиять на ситуацию или обстоятельства, которые заставляют меня паниковать? Если не могу, то какой смысл паниковать? А если могу, то это снова приводит нас к пункту про решение конкретных задач.

Занимайтесь тем, что вам действительно интересно, проводите время с теми, кто вам действительно дорог, и не паникуйте понапрасну!

2020-й лавинообразно сносил все на своем пути, это не просто ветер перемен, а настоящий ураган. Многие отмечали сильные перемены: привычный ритм жизни ушел, старые связи, увлечения, хобби, отношения, привычки, работа – все изменилось. Этот сумасшедший ветер перемен затронул всех нас.

У всех, кто занимается терапией, изменения ускоряются, мы быстрее начинаем выздоравливать, созревать психологически, хотим повышать качество своей жизни и общения. Нам уже не интересно поверхностное и незатейливое, нам важно глубокое и содержательное. Меняемся мы, меняется мир. Эти мощные мировые и личные динамики сотрясают все и всех вокруг. Мы падаем и поднимаемся, главное в этом потоке – поймать ценное и не растерять важное, обрести значимое и взрастить высокое.

Пандемия покажет, кто чем занимался, произойдет как бурное развитие, так и глубокая деградация, разделение общества будет ярким и контрастным. Здесь важно нащупать свой ритм, собрать себя, присоединиться к своим – тем родным и близким, с которыми пойдешь в новую жизнь, к новым победам, к новым мечтам и целям.

pxhere

РОЛЬ ИНЖЕНЕРОВ-ПОЛИТЕХНИКОВ В ГОЭЛРО

Сто лет назад, 21 декабря 1920 года, вышло постановление «О плане электрификации России», которое положило основу индустриализации страны.

текст: Лев Паршин

на фото: Саяно-Шушенская ГЭС

В инженерных кругах еще дореволюционной России понимали важность опережающего развития энергетической отрасли промышленности вообще и гидроэнергетики в частности. К февралю 1917 года небольшой авторский коллектив при участии ученого-гидротехника А. С. Аксамитного закончил фундаментальный труд «Об установлении плана строительства водных путей, улучшения существующих и о потребных на то ассигнованиях». На основе предшествующих многолетних гидрологических исследований предусматривалось строительство в 1918-1930 годах значительного количества гидроузлов. В том же 1917-м инженер-политехник С. В. Григорьев объединил небольшую группу инженеров, которые назвали себя «Партия по исследованию водных сил Севера России». Позже «партия» приняла статус государственной организации, стала расти, уже в 30-е годы превратившись в мощный «Гидроэнергопроект» (ныне «Ленгидропроект»).

После революции 1917 года новое руководство страны в число государственных приоритетов поставило промышленную и, прежде всего, энергетическую независимость. Была создана Государственная комиссия по электрификации России (ГОЭЛРО). В этой комиссии не только учитывали дореволюционные разработки, но и привлекли к работе многих их авторов.

В соответствии с общим замыслом ГОЭЛРО вся Россия подразделялась на восемь районов. В каждом из них создавались свои районные комиссии. Для Северного района с Мурманским краем и центром в Петрограде в руководящее ядро комиссии вошли пятеро политехников: А. В. Вульф (председатель), А. А. Воронов, А. А. Горев, Т. В. Макарьев, М. А. Шателен, а также известный гидролог В. Г. Глушков.

В планах ГОЭЛРО по Северному району и Мурманскому краю предполагалось строительство как тепловых, так и гидравлических электростанций. Гидростанциям отдавалось предпочтение по тогдашним экономическим соображениям. Всего планировалось построить 14 ГЭС, в том числе три станции на реке Нева, две на реке Свирь, а также на реках Волхов, Тулома, Ковда, Кемь, Выг, Суна, Луга.

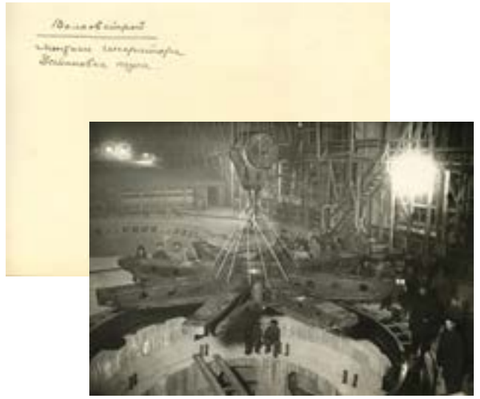
Строительство Волховской ГЭС мощностью 61 МВт началось уже в 1919 году. В декабре 1926 года состоялось торжественное открытие станции, а летом 1927 года были пущены все восемь агрегатов. Начальником и главным инженером Волховстроя был Г. О. Графтио (впоследствии академик АН СССР), заместителем главного инженера — Б. Е. Веденеев (также будущий академик АН СССР).

К 1927 году страна уже была в состоянии начать строительство крупнейшей в Европе Днепровской ГЭС (Днепрогэс) мощностью 581 МВт. Начальником Днепростроя стал А. В. Винтер (выпускник Петербургского политехнического института 1912 года, в будущем академик АН СССР), главным инженером — Б. Е. Веденеев. В мае 1932 года состоялся торжественный пуск станции. Немаловажно, что благодаря строительству Днепрогэса удалось решить не только энергетический вопрос, но и транспортный. Водохранилище, образованное плотиной, затопило Днепровские пороги, благодаря чему стало возможным сквозное судоходство по всему Днепру.

Днепрогэс был спроектирован и построен под руководством отечественных ученых и инженеров, хотя в порядке страховки приглашались для консультаций лучшие мировые специалисты, в том числе американские. Здесь было реализовано немало оригинальных инженерных решений. В частности, политехник Б. Д. Качановский предложил высокоэффективную шлюзовую систему для пропуска судов через плотину. Сходные идеи ученый предложил позднее и при создании ГЭС на Волге.

Механизация производственных процессов вполне соответствовала мировому уровню. Использовалось довольно много импортной техники, например американские экскаваторы. Иностранцев удивлял и высокий уровень социально-бытового обеспечения огромного коллектива строителей.

В 1933 году закончено строительство Нижне-Свирской ГЭС мощностью 90 МВт (начальник строительства и главный инженер Г. О. Графтио). Строительство шло в сложных гидрогеологических условиях: плотина ставилась на глинистые податливые грунты. Здесь надо отдать должное



группе инженеров под руководством А. А. Уразова, внедрившей рациональные конструкции элементов ГЭС, а также коллективу специалистов по механике грунтов во главе с Г. Н. Масловым. Их прогноз на просадки грунта оказался правильным.

В это же время развернулось строительство канала Москва – Волга (канала имени Москвы). Среди прочих объектов было построено несколько небольших ГЭС и две довольно крупные: Угличская (110 МВт) и Рыбинская (330 МВт). Последняя вводилась в эксплуатацию уже во время Великой Отечественной войны (ноябрь 1941 г.). Ее подключение к системе Мосэнерго частично компенсировало уменьшение мощностей, которое произошло ввиду нехватки топлива после потери Донецкого угольного бассейна.

Помимо проектной организации «Гидроэнергопроект» в Ленинграде создавалась и расширялась научная база. В 1921 году — это Научно-мелиоративный институт, который в 1931 году стал называться Научно-исследовательским институтом гидротехники. В связи с увеличением объема работ организация приняла статус Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники (ВНИИГ). В 1946 г. ВНИИГ получил имя Б. Е. Веденеева. Здесь разрабатывались научные основы проектирования гидротехнических сооружений и, прежде всего, гидростанций. Дело в том, что уже тогда в СССР приступили к проектированию таких крупных гидростанций, опыта строительства и эксплуатации которых не было нигде в мире.

При проектировании любого гидросооружения, любой ГЭС всегда возникает необходимость инженерных расчетов водных потоков в трубопроводах, в каналах с открытой поверхностью, в грунтах и т. д. Среди первых преподавателей гидравлики в Петербургском политехническом институте наиболее заметными были будущие профессора И. Г. Есьман и Б. А. Бахметев. Однако основателем отечественной гидравлической школы следует признать академика Н. Н. Павловского. Он начал преподавательскую работу в Политехе в 1913 году. С 1919-го — профессор, с 1921-го — заведующий кафедрой гидравлики и плотин. С 1929 г. подспециализация плотин была переведена на другую кафедру. Из большой плеяды его учеников и последователей упомянем лишь самых известных: В. С. Баумгардта, П. Д. Глебова, А. П. Зегжду, А. А. Сабанеева, Ф. П. Товстолеса, М. Д. Чертоусова, Р. Р. Чугаева и др. В 1929-1931 годах в Ленинградском политехническом институте была построена Гидротехническая лаборатория (одна из первых в СССР). Здесь сразу стали проводиться гидравлические исследования по заказам проектных и производственных организаций. Впоследствии лаборатория заслуженно получила имя Н. Н. Павловского.

Инженерная гидрология складывалась в СССР во многом трудами политехников. Курс гидрологии впервые в высшей школе был поставлен в 1913 году профессором С. П. Максимовым на инженерно-строительном отделении Политеха. Один из его учеников Д. И. Кочергин заложил основы учения о речном стоке. Он к 1927 году составил первую карту среднего многолетнего стока рек Европейской части СССР. Эта карта в течение многих лет была главным источником гидрологического обоснования сотен проектов самых разнородных гидротехнических сооружений, включая ГЭС. Другой ученик Б. А. Аполлов ввел в инженерный оборот научные основы сезонных и многолетних прогнозов речного стока.

В 30-е годы началась плодотворная деятельность выдающегося советского гидролога И. И. Леви. В качестве инженера-гидролога он участвовал в проектировании ряда гидроузлов, а к 1943 году создал кафедру инженерной гидрологии на гидротехническом факультете (ГТФ) в Ленинградском политехническом институте (ЛПИ). Научные разработки этой группы ученых легли в основу проектов ГЭС уже во второй половине XX века.

В предвоенные годы в науке о механике грунтов появилось новое имя — В. А. Флорин, будущий основатель кафедры «Подземные сооружения, основания и фундаменты» на ГТФ ЛПИ, впоследствии член-корреспондент АН СССР. Научные достижения этого коллектива и связанные с ним отечественные нормы расчета и проектирования оснований и фундаментов гидротехнических сооружений вышли на лидирующие позиции в мире. Преемник В. А. Флорина по кафедре П. Л. Иванов достойно повел дело дальше. Под его руководством во многом была решена, например, проблема уплотнения водонасыщенных грунтов взрывами.

Саяно-Шушенская ГЭС

Основной строительный материал – бетон на основе силикатного цемента (портландцемента) – широко вошел в строительную практику еще в последней трети XIX века. Однако многое в теории затвердевания бетона оставалось неясным до середины XX века. Наибольший вклад в решение этой проблемы внесли отечественные ученые и инженеры. Первый – заведующий кафедрой сопротивления материалов Политехнического института С. И. Дружинин (в будущем член-корреспондент АН СССР) еще в 1908 году был генеральным докладчиком на Международном конгрессе по применению железобетона в гидротехническом строительстве. В 20-е годы он руководил оперативным контролем качества бетона на Волховской ГЭС. Его преемник по кафедре – член-корреспондент АН СССР Н. М. Беляев в основном решил задачу об оптимальном водоцементном отношении в жидкой бетонной смеси. Дальнейший прогресс в науке о цементах и бетонах связан с именами политехников А. А. Байкова, В. А. Кинда, С. Д. Окорокова, лауреата Ленинской премии П. И. Боженова. Последний, в частности, занимался вопросом твердения бетона при повышенных температурах (направленный синтез гидросиликатов при гидротермальной обработке). С. Д. Окороков принимал участие в исследованиях по оптимизации состава бетонных смесей на Днепрострое, Свирьстрое, Чирчикстрое, на Чиркейской ГЭС (после войны), заведовал кафедрой строительных материалов на ГТФ ЛПИ.

На 30-е годы приходится расцвет деятельности выдающегося ученого, инженера и педагога, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР А. А. Морозова. Он сочетал преподавательскую деятельность в ЛПИ с практической работой в крупнейшей проектно-изыскательской организации страны – Ленинградском отделении «Гидроэнергопроекта». Здесь в 1929-1937 годах А. А. Морозов был главным инженером. Под его руководством уточнялись схемы использования энергии крупнейших рек европейской части страны, были разработаны проекты ряда каскадов ГЭС на Кольском полуострове, в Карелии, в Средней Азии, заложены основы освоения гидроресурсов крупнейших рек Сибири.

Среди ведущих ученых 30-х годов в области гидравлики, гидроэнергетики и гидротехники следует упомянуть имя А. Н. Рахманова. Он предложил и обосновал комплексную схему использования водных ресурсов Верхней Волги, а затем принял активное участие в ее осуществлении. В годы войны А. Н. Рахманов был директором ВНИИГ.

Подчеркнем, что в ходе проектирования, а затем и в процессе строительства первых отечественных ГЭС на Волхове и Днепре большую часть инженерного корпуса составляли политехники. Затем они были востребованы на многочисленных стройках и зарекомендовали себя первоклассными специалистами. Упомянем лишь некоторых

Днепрогэс

из них: В. Д. Журин (автор проекта и начальник строительства Угличской и Рыбинской ГЭС), Ф. Г. Логинов (начальник строительных работ Чирчикстроя в Узбекистане под Ташкентом), И. И. Кандалов (главный инженер Чирчикстроя), Н. А. Филимонов (начальник строительных работ Нижне- и Верхне-Свирской, а также Юрюзанской ГЭС), Н. Н. Кураев (начальник строительства каскада ГЭС на Неве, впоследствии лауреат Государственной премии СССР), и др.

Количество строек уже исчислялось многими десятками, требовались сотни и тысячи инженеров. Новые вузы открывались в Москве, на Украине, на Волге, на Урале, в Закавказье. Их выпускники готовились включиться в работу по энергетическому обустройству страны. Но на них и на всех жителей Советского Союза обрушилась война...

Если вернуться назад, в 1922-1923 годы, страна только начала оправляться после Первой мировой и Гражданской войн. По плану ГОЭЛРО предполагалось строить не только новые крупные ГЭС, но и малые. Планировалось также привести в порядок то немногое, что осталось от царской России. На машиностроительные заводы стали поступать заказы на изготовление небольших турбин. Первая такая продукция была изготовлена на одном из заводов в Москве в 1923 году. В следующем году в работу включились Металлический и Путиловский (ныне Кировский) заводы в Ленинграде. Однако довольно скоро Путиловский завод был переориентирован на выпуск другой продукции. Производство же гидротурбин в Москве передавалось с завода на завод, а через несколько лет также прекратилось. Ленинградский металлический завод (ЛМЗ) почти на 20 лет остался единственным в стране предприятием, производящим гидротурбины.

В 1924 году на ЛМЗ был приглашен И. Н. Вознесенский (будущий член-корреспондент АН СССР), который организовал конструкторское бюро по проектированию водяных турбин (БВТ) и возглавил его. Вокруг него довольно быстро образовалась группа молодых и талантливых инженеров. Среди них Н. Н. Ковалев, А. Ф. Лесохин, М. С. Смирнов, А. Н. Ломакин, и др.

И. Н. Вознесенский поставил задачу не просто организовать на ЛМЗ производство гидротурбин по известным, устаревающим зарубежным аналогам, но и современных отечественных агрегатов. Одним из путей решения этой задачи являлось создание расчетных методов для проектирования проточной части турбины на основе новых, более совершенных моделей жидкости. Эти модели оказались более сложными в математическом отношении, потребовались изыскания, собственно, в математике. Первые инженерные методики гидродинамических расчетов были разработаны уже через 1-2 года. К концу 20-х годов ЛМЗ получил возможность производить на ми-

ровом техническом уровне достаточно крупные гидротурбины всех типов.

Всякая турбина, в том числе и гидравлическая, имеет в своем составе множество вспомогательных систем. Важнейшая и самая сложная — это система автоматического регулирования подачи рабочей воды в турбину в зависимости от изменения нагрузки на электрогенератор, от уровней воды в водохранилище над плотиной и в нижнем бьефе под плотиной. Теория автоматического регулирования весьма сложна в математическом отношении, а методики инженерных расчетов основных элементов самих регуляторов — те вообще были засекречены зарубежными фирмами-монополистами. В БВТ ЛМЗ задачу решили самостоятельно, и с 1928 года гидротурбины этого завода стали комплектоваться системами автоматического регулирования отечественного производства.

Все эти годы (1923-1930) И. Н. Вознесенский не прекращал преподавательской деятельности в ленинградских Политехническом и Технологическом институтах, где готовились инженеры по гидравлическим машинам. В 1930 году в СССР была произведена реорганизация системы высшего технического образования. В частности, на основе ЛПИ было создано 12 узкопрофильных вузов, в том числе Всесоюзный котлотурбинный институт (ВКТИ) с кафедрой гидравлических машин, заведующим которой был назначен И. Н. Вознесенский. В 1934 году предыдущая реорганизация была признана нецелесообразной, большинство упомянутых узкопрофильных институтов были объединены на правах факультетов в единый вуз (сначала он назывался Индустриальным, а с 1940-го вновь Политехническим). Так появился энергомашиностроительный факультет. Однако часть котлотурбинного института не вошла в ЛПИ, а была преобразована в отраслевое научно-исследовательское учреждение ВИТГЭО, ныне ЦКТИ им. И. И. Ползунова. Гидросектор ЦКТИ и кафедра гидромашин ЛПИ под общим руководством И. Н. Вознесенского образовали единый научный центр по гидравлическим машинам и автоматическому регулированию.

В начале 30-х годов для канала Москва – Волга нужно было спроектировать, а затем построить серию сверхмощных пропеллерных насосов с параметрами, превышающими все известное в мировой практике. И вновь, как и несколько лет назад, начали с фундаментального математического обеспечения. Под руководством И. Н. Вознесенского задача была решена. В творческом коллективе математиков, гидромехаников, инженеров-механиков можно выделить следующие имена: В. Ф. Пекин, С. А. Гершгорин, Д. А. Непомнящий, А. Ф. Лесохин, А. Е. Жмудь, Н. А. Колокольцев, Б. Л. Гинзбург, и др.

Нелишним будет упомянуть, что, во-первых, на рубеже 30-40-х годов И. Н. Вознесенский участвовал в разработке системы автоматического регулирования новой мощной паровой турбины с промышленным отбором пара. За эту работу группа ученых и инженеров была отмечена Государственной премией в 1946 году. Во-вторых, в 1944-м И. Н. Вознесенский был привлечен советским правительством к решению атомной проблемы в качестве заместителя академика И. В. Курчатова, в так называемую Лабораторию № 2 АН СССР. Ныне это Институт атомной энергии имени И. В. Курчатова (Москва).

Во второй половине 30-х годов на ЛМЗ добились еще одной победы: были спроектированы, изготовлены и отгружены на Угличскую и Рыбинскую ГЭС самые крупные в то время в мире поворотно-лопастные турбины мощностью 55 МВт каждая. Диаметр рабочего колеса составлял 9 метров. С этими турбинами ЛМЗ вошел в число лидеров мирового гидротурбиностроения. Отметим, что под производство этих турбин на ЛМЗ в 1936-1937 годах был построен огромный гидротурбинный цех, оснащенный мощным оборудованием, включая особо крупные металлорежущие станки.

В период бурного развития отечественной гидроэнергетики выпускники и ученые Ленинградского Политеха возглавили проектирование и строительство по тем временам самых мощных в мире гидроэлектростанций. Они спроектировали и создали почти треть всех крупных гидротехнических сооружений страны! Как выдающихся гидротехников следует помнить имена ученых-политехников: Б. Г. Галеркина, Н. Н. Павловского, Г. Н. Маслова, В. С. Баумгардта, Е. Д. Кадомского, А. Л. Можевитинова, В. И. Аравина, В. А. Флорина, М. Д. Чертоусова, А. Н. Рахманова, Н. М. Герсеванова, С. С. Голушкевича, А. В. Белова, Р. Р. Чугаева, П. И. Васильева, П. Л. Иванова, Л. А. Розина.

единственный в России научно-образовательный центр промышленной робототехники «kawasaki-политех»

10 НОВЕЙШИХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ДУГОВОЙ И ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ, ФРЕЗЕРОВКИ, ПАЛЕТИРОВАНИЯ, СБОРКИ, ПОКРАСКИ, СОРТИРОВКИ И УКЛАДКИ ПРОДУКЦИИ

ОБУЧЕНИЕ РАБОТЕ С ПРОМЫШЛЕННЫМИ РОБОТАМИ;

РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ;

ПОДГОТОВКА КОНСТРУКТОРОВ, ТЕХНОЛОГОВ, РАЗРАБОТЧИКОВ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ РОБОТОВ И СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ.

ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ! КОНТАКТЫ: ОЛЕГ ПАНЧЕНКО, PANCHENKO_OV@SPBSTU.RU, +7 (921) 946-86-99

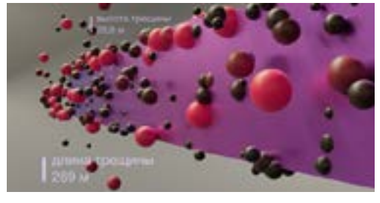
Научно-образовательный центр «Газпромнефть-Политех»

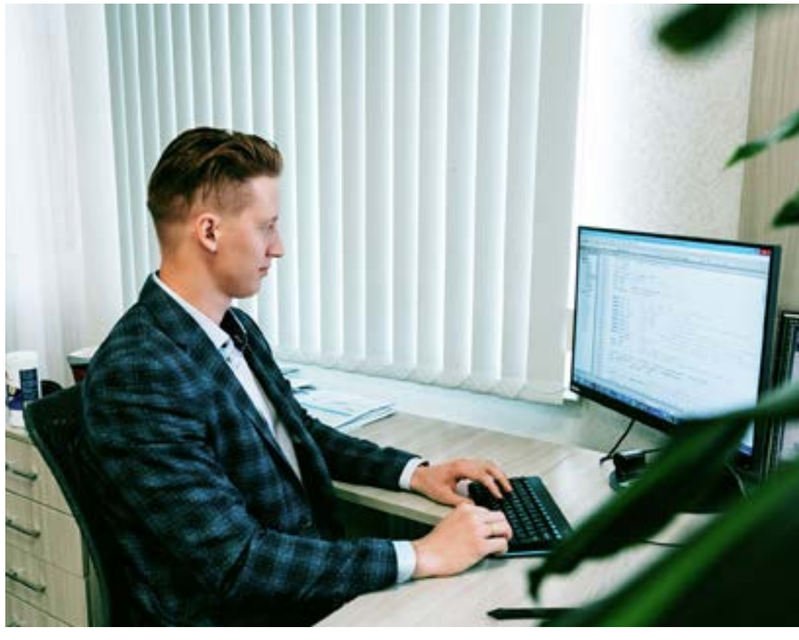
Научно-образовательный центр (НОЦ) «Газпромнефть-Политех» – один из ведущих инновационных центров СПбПУ. Образован в 2014 году в ходе сотрудничества Высшей школы теоретической механики и Научно-Технического Центра «Газпром нефти».

Сегодня центр является связующим звеном между Политехническим университетом и ПАО «Газпром нефть». Цели и задачи НОЦ заключаются в научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе, связанной с моделированием различных процессов в области нефтегазодобычи и разработкой программных и численных решений для нефте-газовой отрасли. В части образовательной деятельности НОЦ «Газпромнефть-Политех» подготавливает высококвалифицированных специалистов в рамках совместной с ПАО «Газпром нефть» магистерской программы «Математическое моделирование процессов нефтегазодобычи».

КОМАНДА НОЦ «ГАЗПРОМНЕФТЬ-ПОЛИТЕХ» ВЫПОЛНЯЕТ РАБОТЫ ПО:

- моделированию процессов бурения
- моделированию гидроразрыва пласта
- моделированию механических свойств керна
- моделированию микросейсмики
- моделированию фильтрации
- машинному обучению
- моделированию транспорта нефти и газа
- наземному обустройству месторождений





КОНТАКТЫ:
hstm@spbstu.ru,
gpn.spbstu.ru