

ИНЖЕНЕР

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Шесть главных треков
одного вектора.
Илья Родионов, с.10

Лицо с обложки:
Станем здоровы лазером.
Михаил Тарабрин, с.20

Заглянем в будущее?
Александр
Полежаев, с.30

Дорогие друзья!

Инженеру важно понимать: чтобы сделать что-то, чего до сих пор не было, необходимо мыслить на десятилетия вперед. Но, могут ли создатели новых революционных технологий сегодня позволить себе рассуждать о долгосрочных горизонтах, когда именно сейчас важно участвовать в ускоренном развитии промышленности? Как сочетать решение насущных задач импортозамещения с необходимостью прорыва в самых разных областях?

Время становится важным ресурсом изменений. Как и мы сами. Случается, жизнь экзаменует человека: насколько он готов, способен ли именно в данное мгновение, в самые короткие сроки принимать судьбоносные решения. Тогда цена даже доли секунды многократно возрастает.

Сегодня ресурс времени, за которое наш Университет должен успеть пройти путь значительных перемен, определен программой «Приоритет 2030». Одно из слов, в полной мере характеризующих этот документ, – СЛОЖНОСТЬ. То есть, сложение огромного ряда задач, связанных, в том числе и с государственными планами. МГТУ им. Н.Э. Баумана, как Университету мегауровня, предстоит совершить прорыв в образовательной деятельности, научной сфере, молодежной политике, в сотрудничестве с предприятиями.

С этого номера журнала «Инженер» мы начинаем рассказывать, как будет происходить реализация Программы. Мы будем знакомить наших читателей с новыми проектами, над которыми уже начали работу наши ученые, аспиранты и студенты.

Нам предстоит сделать то, чего у нас еще не было. Это важно, это воодушевляет, и вместе с тем, требует сосредоточенности, дисциплины и усердия. Ведь цена времени сегодня многократно возрастает!

редакция журнала «Инженер»

СОДЕРЖАНИЕ

4 Мы настроены оптимистично. М. Гордин

В центре внимания

6 Флагманский проект России

Deep Tech

10 Шесть главных треков одного вектора

Сам термин DeepTech, то есть, в дословном переводе, глубокие технологии, трактуется как технологии, рентабельность и успех на рынке которых не вызывает сомнений. Интервью с руководителем стратегического проекта Ильей Родионовым.

Гибридные вычисления

14 Гибридные процессоры: от кремниевых технологий до искусственных атомов

Фотоника

18 Я наших планов люблю громадьё...

Беседа с руководителем трека «Фотоника» Владимиром Лазаревым.

20 Станем здоровы лазером

22 Глоток воздуха – это масса информации

Мягкие материи

24 Технологии сплетаются с жизнью

26 На стыке био- и технических наук

Материалы как сервис

30 Заглянем в будущее?

Будут доступны промышленные технологии получения уникальных материалов из парниковых газов, отходов и возобновляемого сырья. Рассказывает Александр Полежаев.

32 Проекты трека «Цифровое материаловедение» по программе «Приоритет 2030»

Искусственный интеллект

34 О треке«Искусственный интеллект как сервис»

Рассказывает руководитель трека Владимир Нелюб.

Робототехника

38 Прорывные технологии помогут раскрыть секреты подводного мира

Одним из главных проектов по треку «Робототехника» станет «Комплекс добычи твердых полезных ископаемых со дна Мирового океана с применением группировки роботизированных подводных аппаратов».

42 Проекты трека «Робототехника» по программе «Приоритет 2030»

48 Лучшие молодые кадры нужно искать среди своих студентов

52 «Всегда хотелось облегчить труд людей, работающих в тяжелых условиях»

54 «Вы не представляете, насколько интересно что-то проектировать!»

56 Акватор, Jellyfish, Iceberg, Кусто, SeveROV

Выпускающий редактор

Галина Герасимова

Консультант

Надежда Багдасарьян, д.т.н., профессор кафедры «Социология и культурология»

Фотографии

Сергей Кушлевич
Анна Мацаева

Дизайн обложки

Екатерина Селиванова
Николай Щекочихин

Макет и верстка

Михаил Христофоров



Михаил Гордин

и.о. ректора
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Мы настроены оптимистично

С начала 2000 годов наше государство не устает говорить о необходимости развития инновационной составляющей экономики. И сегодня эта тема приобретает особенную значимость. Что подразумевает емкое слово «инновации»? Это результат творческой деятельности, получивший воплощение в виде создания уникальной или усовершенствованной продукции, либо нового технологического процесса, используемого в практической работе. Инновации включают изменения процессов и продуктов, – одно не может быть без другого, и они не могут быть реализованы, если не ставятся амбициозные задачи, если нет высоких целей.

Одно из главных условий опережающего движения вперед – использование интеллектуального ресурса. В прошлом году был дан старт федеральной программе «Приоритет 2030», цель которой – сформировать в России более 100 прогрессивных современных университетов – центров научно-технологического и социально-экономического развития страны. Уверен, эта программа станет мощным импульсом для преобразования большинства вузов, в том числе и нашего Университета, укрепит позиции МГТУ им. Н.Э. Баумана на поле высшего технического образования.

Главное, чем мы довольны на сегодняшний день, – это активное сотрудничество между нашими учеными, инженерами и представителями промышленности, и эти отношения будут и далее укрепляться. Грамотная модернизация предприятий предполагает осмысленное понимание того, какое обновление оборудования и управленческих решений должно происходить. И тут связи науки и производства играют решающую роль.

Многие эксперты подчеркивают, что сегодня важно сосредоточить усилия на развитии и внедрении конвергентных технологий, опирающихся на синтез разных научных направлений. Среди них исследования в области нано- и биотехнологий, создание новых материалов, в цифровой сфере. С продвижением по каждому из этих векторов связан значительный мультипликативный эффект. По каждому из этих направлений у нашего Университета есть определенные заделы.

Мы дышим «воздухом инноваций». Эти слова никогда не теряют своего волшебного смысла, выводящего на дорогу к лучшему будущему. По программе «Приоритет 2030» будет сделано многое для ускоренного развития науки, технических решений, внедрения изобретений и технологий. В наших силах обеспечить инновационные прорывы!



Программа
«Приоритет 2030»
и ее цели

Программа «Приоритет 2030» реализуется в рамках федерального проекта «Развитие интеграционных процессов в сфере науки, высшего образования и индустрии» национального проекта «Наука и университеты», федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

Программа «Приоритет 2030» задумана с целью формирования группы университетов-лидеров, которые смогут не только обеспечить долгосрочную конкуренцию России на глобальном рынке науки и образования, но и (в первую очередь) внести существенный вклад в достижение целей технологического развития РФ и пространственного развития страны, то есть в выравнивание уровня жизни, обеспечение доступности любых территорий – например, Арктических.

Год назад Министерство науки и высшего образования Российской Федерации объявило старт конкурса по путям развития отечественных университетов под названием «Приоритет 2030». МГТУ им. Н.Э. Баумана, конечно, не мог остаться в стороне – начал готовить собственную программу развития Университета и определять стратегические проекты, с которыми он выйдет на этот конкурс.

ФЛАГМАНСКИЙ ПРОЕКТ РОССИИ

Елена Емельянова

Организационно-техническое, информационно-методическое и аналитическое сопровождение организации и проведения конкурсного отбора для участия в программе «Приоритет 2030» осуществлял Центр стратегического развития МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В августе 2021 года МГТУ им. Н.Э. Баумана подал заявку на участие в программе «Приоритет 2030», направленной на поиск ответов на вызовы, отраженные в стратегии научно-технического развития России. «Приоритет 2030» – флагманский проект нашей страны, самый масштабный в России. Его задача – сформировать широкую группу университетов, которые станут лидерами в создании нового научного знания, прорывных технологий и новейших разработок для внедрения в российскую промышленность, экономику и социальную сферу.

В программе развития заявлено стремление МГТУ им. Н.Э. Баумана к модели глобального университета, значительное улучшение позиций в международных рейтингах, внедрение образовательных программ на английском языке, формирование устойчивых международных научных коллабораций.

ЦЕЛЕВАЯ МОДЕЛЬ ПРОГРАММЫ НАШЕГО УНИВЕРСИТЕТА ОХВАТЫВАЕТ ЧЕТЫРЕ БЛОКА:

НАУКА И ИННОВАЦИИ

МГТУ им. Н.Э. Баумана будет развиваться как междисциплинарный исследовательский университет на основе сочетания традиционных для нашего Университета и новых научных направлений в области высоких технологий для всех секторов экономики.

ОБРАЗОВАНИЕ

Фокус развития направлен на междисциплинарность, практико-ориентированное и проектное обучение, раннее вовлечение студентов в исследования и разработки, подготовку на базе реальных научных проектов, обучение технологическому предпринимательству.

КОМАНДА

Программа Университета включает целый комплекс мер по индивидуализации работы с талантами – сотрудниками, студентами, абитуриентами и выпускниками. Эти меры включают и формирование мирового стандарта научной карьеры, и меры по поддержке молодых исследователей и преподавателей, и создание условий для партнерских взаимоотношений со студентами и выпускниками.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И ИНФРАСТРУКТУРА

Университету предстоит развернуть деятельность на базе обновленного бауманского кампуса. Его инфраструктура включает в себя научные и инженеринговые центры, научно-образовательные кластеры по ключевым направлениям развития России и многое другое.



Стратегическая цель МГТУ им. Н.Э. Баумана:

«Стать ведущим университетом России по обеспечению исследовательской, технологической и кадровой готовности страны к переходу на новый технологический уклад и глобальному лидерству в научно-технической сфере».

Университет и конкурс

После конкурса перед Университетом встали организационные вопросы.

Во-первых, каким образом вовлечь максимально широкий круг заинтересованных участников в реализацию программы развития. В нашем Университете много научных групп – около 300 постоянных. (И это только те, которые можно обнаружить по результатам публикационной активности).

Во-вторых, как искать интересные проекты или решения, которые могут внести заметный вклад в достижение целей программы развития, обеспечить синергетический эффект.

Руководство Университета приняло решение опробовать довольно новый механизм – открытый конкурсный отбор. Конкурс был объявлен в самом конце декабря 2021 года. Его целью был отбор проектов, которые попадут в дорожную карту развития в 2022–2024 годы.

Конкурсную заявку мог подать любой коллектив, в том числе и включающий представителей других университетов или организаций. Но, прежде всего, это должны были быть проекты, направленные на развитие именно МГТУ им. Н.Э. Баумана. Поэтому, если руководитель проекта-победителя не был сотрудником нашего Университета, то он должен устроиться в бауманский Университет на работу.

Конкурсный отбор был открытым. Наш Университет, насколько это оказалось возможным, постарался привлечь к нему интерес максимального числа потенциальных участников. Но, конечно, в первую очередь сотрудников и обучающихся именно нашего вуза. Информация была опубликована на сайте, состоялась целая серия вебинаров (и установочных – с рассказами о том, как заполнять конкурсную заявку, и по отдельным стратегическим проектам – чтобы подробно объяснить суть базовых стратегических проектов).

Заявки разные важны

На конкурс можно было подать заявку с любой идеей. Например, заявки на выполнение научно-исследователь-

ских работ; образовательных проектов; организационных проектов; на проведение мероприятий (конференций, хакатонов).

Можно было подать заявку на выполнение стратегического проекта, но с обязательным учетом тех задач, которые прописаны в программе развития. Это было принципиально. Отбор могли пройти только такие проекты.

В результате заявки подали 289 человек. Учитывая, что надо было сделать в короткий срок – в течение всего-то одного месяца – это очень хороший результат.

Всем заявителям Центр стратегического развития МГТУ им. Н.Э. Баумана оказывал самую деятельную поддержку. В Центре заявки просматривали не откладывая – сразу же после их поступления – и помогали их доработать. Для начала – с формальной точки зрения – чтобы все необходимое было предоставлено, все формы заполнены. Затем с содержательной стороны – заявители активно консультировали руководители стратегических проектов.

После того как были поданы все заявки, прошло их формальное рассмотрение. И некоторые, если их тематика совершенно не соответствовала требованиям «Приоритета», отклонили. Например, деревообрабатывающий станок. Очень трудно было бы найти и обосновать источник финансирования для такого проекта. Все-таки программа охватывает не весь Университет – выбраны конкретные направления, в которых можно работать. Именно поэтому отклонили ряд заявок. А ряд других отклонили, потому что не были выполнены формальные требования: не были заполнены все формы, документы, не были учтены замечания и пожелания.

А судьи кто?

Для проведения экспертизы были созданы экспертные советы по каждому стратегическому проекту. Было принято взвешенное решение и о том, какова должна быть роль экспертов, по каким критериям они должны оценивать заявки. На основе сформулированных ими рекомендаций вырабатывались пути дальнейшего продвижения проектов.

Советы и эксперты – это не дань бюрократическому подходу, не создание очередной надстройки. А его члены, уж точно, никак не чиновники.

Экспертный совет – небольшой орган. Всего-навсего пять человек. Поэтому, чтобы «объективность была объективной», по каждому стратегическому проекту дополнительно был сформирован еще и так называемый пул экспертов (и внешних, и внутренних), состоящий из видных ученых, опытных практиков, известных специалистов, которые представляли, в том числе, и наш Университет, но, преимущественно научно-исследовательские институты, организации, различные университеты, институты Академии наук Российской Федерации.

Были среди экспертов и зарубежные ученые. Однако, к сожалению, только русскоговорящие, так как всего за месяц подать заявку еще и на английском языке многие из отечественных конкурсантов были попросту не способны.

Для рассмотрения каждой заявки были назначены два эксперта. Им посылали саму заявку, направляли форму экспертной оценки, а эксперты давали оценку в баллах плюс делали еще и свои комментарии. Ни одна заявка не осталась без экспертизы. Эксперты, несмотря на то, что большинство из них очень занятые люди, в основном очень активно участвовали в работе с заявками. Это очень приятно. Особенно с учетом того, что они работали, во-первых, на добровольной основе. А во-вторых, чтобы сохранить личную независимость, еще и абсолютно бесплатно. Отклик был хорошим. Все заявки были проэкспертированы, а на основе рекомендаций экспертов руководители стратегических проектов составили перечень проектов, которые вынесли на защиту упомянутого выше экспертного совета из пяти человек.

Надо сказать, что уровень отсева был небольшой. Совсем слабые заявки с низкими оценками, как правило, не попадали на научную защиту у пяти экспертов. Наверное, чудес у ученых все же практически не бывает – очные защиты в основном подтвердили результаты заочной экспертизы.

Важно отметить, что заседания экспертных советов прошли в полном соответствии с процедурой. На них при-

Что входит в программу «Приоритеты»	Стратегические проекты
Программа развития «Приоритет 2030» – это пакет проектов. На верхнем уровне их разделяют на стратегические проекты, которые обозначают достаточно крупные меганаправления. Их выполнение должно привести к получению конкретных научно-технических и образовательных результатов, продуктовых и организационных проектов.	МГТУ им. Н.Э. Баумана заявил пять стратегических проектов, нацеленных на решение задач, которые определяются документами стратегического планирования России: Bauman Deep Tech, Bauman Green PLM, Bauman Deep Analytics, «Университет для университетов» и «Креативные индустрии».

существовали не только эксперты, но и все желающие – а их было довольно много. Проходило активное обсуждение. Были и споры, и острые вопросы. Иногда случалось, что ученые находили друг друга – предлагали сотрудничество и объединяли свои проекты, усиливая при этом и собственные позиции.

Например, заседание по фотонике настолько походило на интересную живую конференцию, что председатель экспертного совета, профессор кафедры РЛ-2 («Лазерные и оптико-электронные системы»), доктор технических наук, директор НОЦ «Фотоника и ИК-техника» при МГТУ им. Н.Э. Баумана Валерий Карасик сказал, что у него «было впечатление, будто побывал на хорошем секционном заседании международной конференции».

Принципиально важно, что в этом процессе участвовали и производственники. Например, экспертный совет по новым материалам возглавлял руководитель компании «ТВЭЛ».

В итоге все прошло на хорошем экспертном уровне – открытое обсуждение, процедура голосования. На основе заседаний экспертных советов руководители стратегических проектов получили рекомендации и сформировали дорожную карту. В результате рекомендовали либо поддержать, либо не поддерживать. Либо поддержать, но не в рамках «Приоритета», а в рамках других источников средств. Жалко было упускать хороший, но не соответствующий программе, проект.

Было принято решение, что у каждого стратегического проекта будет свой небольшой штаб. Это несколько человек, которые должны выполнять разнообразные организационные функции. Однако единым координатором остается Центр стратегического развития МГТУ им. Н.Э. Баумана. Он обеспечит тесную связь с местными штабами. Это должно создать постоянный «мост», чтобы не терялась оперативная информация, чтобы она была более включенной, чтобы была общая идеология.

Камертон для заявок, но не единственная программа

Эксперты сработали хорошо. Кроме этого, правильно отобрать проекты могло еще и то, что программа развития МГТУ им. Н.Э. Баумана была написана очень конкретно. Это был своеобразный камертон для заявок. Выбраны были действительно приоритеты. Но, с точки зрения отбора хороших проектов, это был, конечно, ограничивающий фактор. Ведь нельзя адаптировать к стратегическим проектам любую другую тематику. Однако «Приоритет» не единственная программа. Сейчас министерство открывает целый ряд новых направлений поддержки научных исследований в разных областях. Поэтому активные научные группы найдут себе место – вскоре, возможно, будет много новых программ.

Молодым везде у нас дорога

В целом доля заявок молодых исследователей высока. В среднем выше, чем в других университетах. Около 50 процентов.

Это не случайность. Потенциальным конкурсантам организаторы заранее сказали, что привлечение молодых исследователей и преподавателей является важным показателем эффективности. Для НИРовских проектов прямо указали, что надо привлекать студентов, магистрантов и аспирантов.

Дорожная карта

Это стандартный плановый документ. Он закрепляет обязательства за руководителями проекта. Для каждого проекта, попавшего в дорожную карту, разработан стандартный устав проекта. Центр стратегического развития МГТУ им. Н.Э. Баумана стремится к тому, чтобы в «Приоритет 2030» внедрить все стандартные инструменты программного управления.

Большой и серьезный Университет может изменить очень многое: управление инвестиционной деятельностью, управление образовательной деятельностью, молодежной политикой и т. д. Нам предстоит много работы. А в ходе ее, конечно, возникнут новые цели и задачи. И это здорово!

БАУМАНСКИЙ КАКИЕ «ГЛУБОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»



«DEEP TECH»: ИЗМЕНЯТ МИР

В конкурсной заявке «Приоритет 2030» МГТУ им. Н.Э. Баумана заявил пять стратегических проектов:

- Bauman Deep Tech,
- Bauman Green PLM,
- Bauman Deep Analytics,
- «Университет для университетов»
- и «Креативные индустрии».

Илья Родионов – директор центра «Функциональные Микро/Наносистемы» и, одновременно, руководитель Bauman Deep Tech – рассказал нам об этом проекте.

Елена Емельянова

– Илья Анатольевич, пожалуй-ста, расскажите, что такое Bauman Deep Tech и при чем здесь «глубокие технологии»?

Bauman Deep Tech – это глобальный стратегический проект, реализуемый мощной командой Бауманки и партнеров. Сам термин «Deep-технологии» или «глубокие технологии» трактуется как технологии, рентабельность и успех на рынке которых не вызывает сомнений, однако техническая реализация крайне сложна или вообще вызывает вопросы потенциальной реализуемости. Это исследования и разработки по прорывным высокотехнологичным направлениям, которые определяют завтрашний день и следующую волну инноваций: от сверхмощных вычислений и фотоники до создания материалов с уникальными свойствами и новых приложений искусственного интеллекта. Сегодня мы нацелены на создание продуктов, которые через 10–20 лет кардинальным образом изменят мировую экономику. Это комплексная история, поскольку Deep Tech в целом – это всегда объединение и пересечение областей знания и критических технологий.

– Есть ли примеры взаимосвязи таких глубоких технологий?

Да, конечно, и для наглядности проиллюстрирую сказанное на примере управляемого беспилотного автомобиля. Для его создания необходимо, в первую очередь, обладать глубокими знаниями и глубокими технологиями в области автомобилестроения. Но этого мало. Для того, чтобы его сделать беспилотным, необходимы технологии искусственного интеллекта. В-третьих, для высокоскоростного ориентирования в пространстве потребуются решения из области фотоники, МЭМС-устройства, лидарные комплексы. Для получения окончательного результата остается сделать последний шаг: добавив отдельно разработанное программное обеспечение, собрать всё это в единый комплекс. Задача Bauman Deep Tech – разработка технологий такого уровня.

– **Задача, по-моему, весьма амбициозная. Как подступиться к ее решению? Что для этого необходимо?**

Deep Tech – это сплав достижений фундаментальной науки и прикладных разработок. Для того, чтобы прийти к результату, который изменит мир, нужно меняться самому. Нам необходимо перейти на новый уровень образования, что отражено в бауманском «Приоритете». Фокус на междисциплинарность, ориентированность на практику, проектное обучение. Мы хотим привлекать студентов к исследованиям на более ранних этапах, а магистерские и аспирантские работы проводить на базе реальных научных проектов, которые как раз и позволят воплотить новейшие физические идеи в самых современных технологических разработках.

– **Всем известна фраза «Кадры решают все». А каким требованиям они должны соответствовать и как их воспитать?**

Как я уже сказал, секрет создания прорывных технологий состоит в сочетании трех аспектов – фундаментального, прикладного, образовательного.

Долго раскачиваться время не позволяет. Конкретные шаги в МГТУ уже сделаны. Созданы сильные научно-образовательные центры, которые стремительно развиваются последние 10 лет. Проведено существенное обновление лабораторной и приборной базы нашего Университета. Недавно Бауманка вместе с Физтехом и «Сириусом» запустила новый образовательный проект, новую модель обучения. Такого еще не было.

Очень скоро откроем новые магистерские программы, в том числе программу, которая объединит МГТУ им. Н.Э. Баумана и МФТИ – лучшую инженерную и лучшую физическую школу России. Понятно, что ее выпускники будут специалистами принципиально нового уровня.

– **На решение каких задач они направят свои усилия?**

Отвечу применительно к нашему стратегическому проекту.

Bauman Deep Tech включает шесть треков:



– **Повторюсь: задачи амбициозные. Может быть, даже фантастические. Но бауманцам не нужна слава Жюль Верна, а значит уже сделаны конкретные шаги и намечены следующие?**

Ключевая особенность программы «Приоритет 2030» в его бауманской интерпретации – четкая ориентированность на создание конкретных продуктов в каждом из направлений. Как бы фантастически ни звучали устройства типа «организм-на-чипе» или «нейроморфный процессор», имитирующий работу человеческого мозга, это все заявленные нами цели, для решения которых у Бауманки и партнеров есть и необходимый задел, и понимание дальнейших шагов.

Приведу пример из области биотеха. Когда мы говорим про «мозг-на-чипе», речь, конечно, не о вживлении чипа в человека, но о возможности персонализированного исследования воздействия медицинских препаратов на его здоровье. Для этого создается неживая структура – микрофлюидный чип с сетью каналов и микрореакторов внутри, которые позволяют высокоточно управлять потоками жидкостей. Так моделируются кровеносные сосуды и барьерные жидкости в организме человека. Затем,

подключаются современные клеточные технологии, и мы выращиваем клетки, характерные для определенных отделов головного мозга, внутри реакторов чипа. В результате получаем возможность исследования персонального влияния лекарств.

– **Звучит обнадеживающе. Среди обилия лекарств важно выбрать именно свое, чтобы не было поговорке «одно лечит, другое калечит». Но лекарства – это вторая стадия лечения. Первая – диагноз. А вот с ним бывают проблемы. Сейчас много говорят о телемедицине, онлайн-медицине ... Вас это касается?**

Напрямую. Есть уверенность, что уже очень скоро мы перейдем к персонифицированным медицинским комплексам. Они позволят человеку самостоятельно отслеживать состояние собственного здоровья в режиме реального времени. А на следующем этапе не только отслеживать, но и применять некие управляющие воздействия. К примеру, соответствующая технология позволит больному сахарным диабетом не думать об уровне глюкозы, а запрограммировать имплантируемое или носимое с собой устройство. Он будет просто жить, заниматься делами, забыв о своей проблеме. Персонифицированные комплексы диагностики и лечения позволят любому человеку в любом месте (не обязательно в больнице или поликлинике), в любом уголке нашей огромной страны проводить серьезные анализы и получать помощь специалиста. Это совершенно новый уровень медицины.

– **На каком этапе сегодня находятся перспективные разработки в области микрофлюидных устройств и как долго ждать их появления на рынке?**

В бауманской копилке сегодня целый ряд собственных разработок в области сенсорики и микрофлюидики, которые ложатся в основу устройств нового поколения. Например, мы научились делать биологические сенсоры с рекордной чувстви-

тельностью, позволяющие обнаруживать единичные молекулы детектируемого вещества в растворе (3 parts per trillion) – в мире так не умеет никто. Нами создана технологическая платформа изготовления многослойных микрофлюидных чипов с возможностью высокоточного управления потоками жидких реагентов на чипе – основа девайсов будущего. Мы разработали технологию разделения вирусов и бактерий в автоматическом режиме на микрофлюидном чипе для этапа диагностики типа патогена с эффективностью 80%, и это тоже уникальное ноу-хау.

Конечно, впереди много работы, эти технологии войдут в нашу жизнь скоро – возможно, на горизонте 10–15 лет. И это определяется множеством факторов: сложностью разработок, связанной с междисциплинарным характером исследований и нехваткой высококвалифицированных кадров, дороговизной и длительностью тестирования. Отдельный вызов – решение юридических аспектов при выводе устройств на потребительский рынок: от защиты интеллектуальной собственности до регистрации и сертификации девайсов.

– **Что касается робототехники – какие задачи планируете решить в этой области?**

Речь идет о комплексах, предназначенных для добычи полезных ископаемых на дне океана, и редких металлов, количество которых на Земле крайне ограничено. Сегодня также есть проекты по добыче металлов на Луне и на Марсе. Попробуйте представить себе уровень сложности этих технологий. Для обычного человека они кажутся невероятными, но, поверьте, мы вовсе не фантазируем. Уже сегодня команда МГТУ строит будущее на базе готовых экспериментальных образцов, испытанных в Университете совместно с нашими партнерами.

– **Глубокие технологии, думаю, требуют, «глубокого» оборудования и условий для исследований. Где взять новые «условия» и, главное, новых людей?**

Инженер обязан смотреть в будущее, и мы стараемся всегда быть на шаг впереди. Продолжается активное строительство

нового бауманского кампуса – создается совершенно уникальная технологическая инфраструктура, закупается необходимое оборудование мирового класса. Но для кого всё это? Конечно – для специалистов. Наше будущее, прежде всего, – это именно люди.

Мы активно работаем со школьниками. Устраиваем Дни открытых дверей, проводим массу мероприятий (и технических, и организационно-развлекательных) для того, чтобы вовлечь ребят и рассказать им, чем мы занимаемся в наших центрах. Направлений множество, и мы обладаем, наверное, одними из самых серьезных технологий в России, собранных в одном месте.

Ребятам, когда они приходят, например, к нам в НОЦ, всегда говорю: «Здесь нет студентов. Только коллеги, партнеры, сотрудники». Уже с третьего курса они начинают участвовать в крупных федеральных проектах и решают задачи мирового уровня.

Нами запланирован запуск трех совершенно новых магистратур по направлениям биофотоники, мягкой материи, биотехнологий. В рамках обучения мы даем ребятам доступ к уникальнейшему оборудованию, позволяем в рамках диплома решить настоящую «боевую» задачу: создать свой прибор, свое устройство на новых физических принципах. Это магистратуры самого высокого – топового – уровня.

Помимо этого, в рамках программы «Приоритет 2030» в МГТУ запущены четыре новые программы по искусственному интеллекту и IT. Мы открыли программу дополнительного образования по арктическим технологиям. Арктика – это очень богатый край, очень серьезный, где сложно вести какую-либо деятельность. Бауманка же это делает на протяжении нескольких лет. Уверен, что новый курс будет пользоваться большим спросом.



”

Илья Родионов

директор НОЦ «Функциональные
Микро/Наносистемы»
МГТУ им. Н.Э. Баумана
и ФГУП «ВНИИА».

Трек «Гибридные вычисления» основан на мощном научном и технологическом фундаменте, который нам удалось накопить благодаря участию в крупных федеральных проектах по созданию квантовых вычислителей. Мы научились изготавливать сверхпроводниковые и фотонные интегральные схемы, что обеспечивает солидный задел на пути к созданию практически полезных симуляторов и вычислителей. Теперь наша задача – научить его решать уравнения и создавать новые материалы.

ГИБРИДНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ:

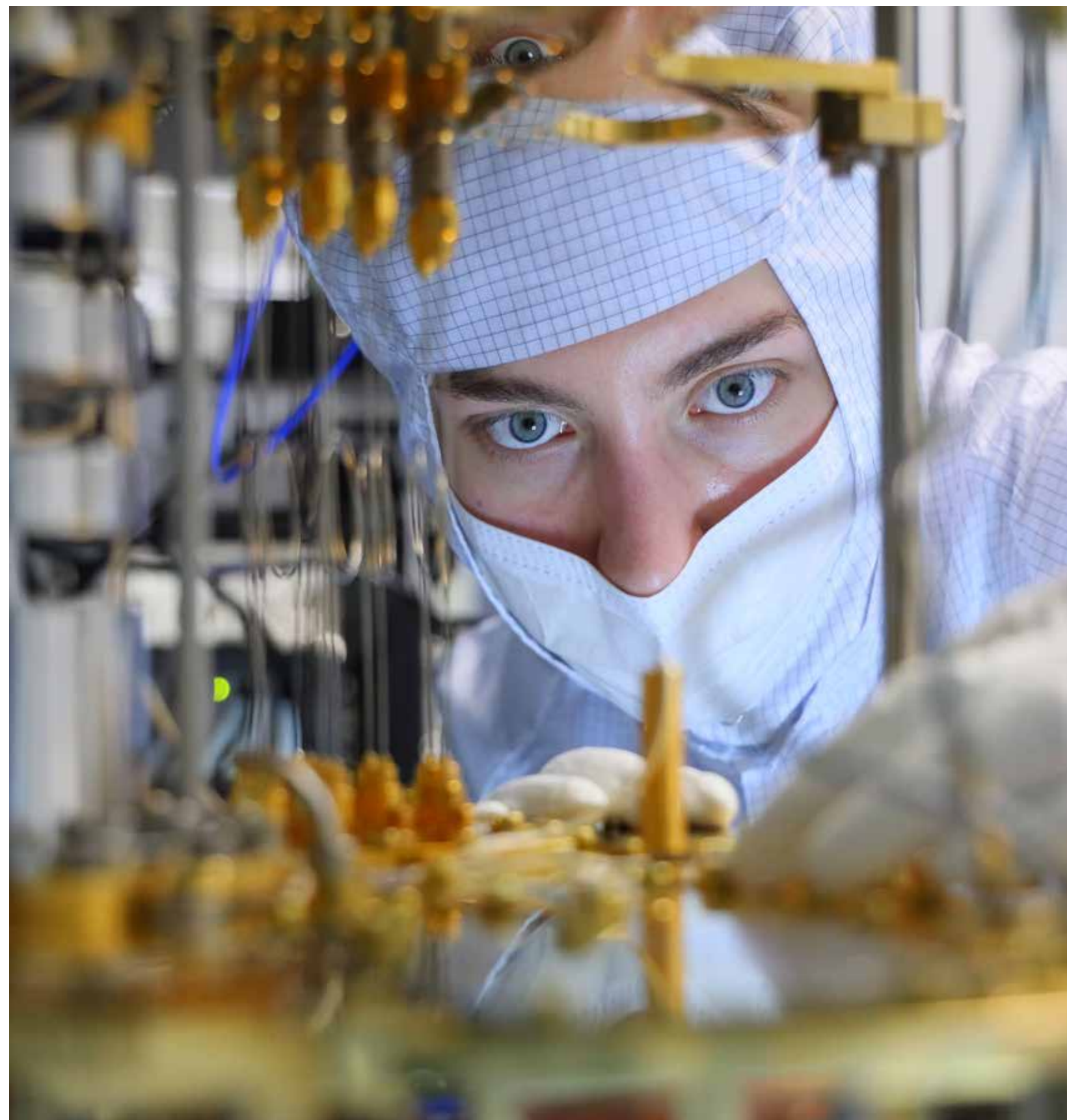
ОТ КРЕМНИЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДО ИСКУССТВЕННЫХ АТОМОВ

Индустрия полупроводниковой электроники идет вперед стремительными темпами, и ведущие мировые производители планируют уже к 2025 году освоить массовое производство схем с транзисторами по 2-нанометровому техпроцессу. Один из основателей компании Intel – небезызвестный Гордон Мур – в 1965 году сформулировал «Закон своего имени». Закон Мура стал эмпирическим наблюдением, и суть его заключается в том, что с каждым годом количество транзисторов в интегральной схеме удваивается. До недавнего времени закон выполнялся в силу соответствия экспоненциального роста, однако сегодня параметры современных процессоров выходят на плато производительности. Скорости и запросы человечества растут, что же делать дальше? Одно из решений – переход на многоядерные гибридные процессоры.

Ольга Ефремова

Масштабирование и миниатюризация

С учетом увеличения требований к количеству и скорости обрабатываемых данных, на смену обычным персональным компьютерам пришли суперкомпьютеры. Эти невероятные по своей мощности агрегаты отличаются от обычных ПК тем, что состоят из сотен тысяч ядер и выполняют параллельную обработку данных, при которой задачи разбиваются на части и обрабатываются одновременно. Например, суперкомпьютер «Ломоносов», установленный в МГУ в 2009 году, содержит 6654 вычислительных узла, более 94000 процессорных ядер и обладает пиковой производительностью 1,37 Пфлоп/с.



Основными недостатками таких архитектур является сложность программного обеспечения параллельности обработки данных и синхронизация между ветвями алгоритмов. Помимо этого, процессоры для таких компьютеров стоят безумно дорого, занимают много места, потребляют невероятное количество электроэнергии, а главное – они невероятно сложны в изготовлении. Технология современных КМОП микросхем сегодня приближается к 2 нм – так недалеко и до размеров атома. Столь миниатюрные размеры и сложные геометрии накладывают на дальнейшее масштабирование ряд физических ограничений: невозможность обеспечить равномерность размеров элементов, электрические пробой эле-

ментов транзистора, неконтролируемый нагрев элементов и прочее.

Решать проблему масштабирования помогает переход на новые материалы (например, германий), трехмерные транзисторы и – главное – предельное усложнение, а значит, и экспонентное удорожание технологий изготовления, обеспечивающих получение элементов с заданной топологической нормой: литография в экстремальном УФ, атомно-слоевое травление, метрологические измерения с атомарной точностью. Для их реализации требуется сверхсложное и сверхдорогостоящее оборудование и обеспечение особой среды – сверхчистых производственных помещений.

От прогнозирования погоды до просчета новых молекул: как создать вычислители нового поколения?

Принципиально новым решением может стать переход на *гибридные фотонные интегральные вычислители и сверхпроводниковые сопроцессоры*. Такие гибридные процессоры называют технологическим прорывом нашего века – сродни первой квантовой революции.

В чем же секрет этих устройств, помещающихся на ладони?

Говоря о классической, так называемой транзисторной логике, мы оперируем двоичным кодом и по совместительству наименьшей единицей – битом. У бита не слишком хорошая память, поэтому он может «держать в уме» или 0, или 1. Для обработки большого массива данных или реализации сложного алгоритма, последовательные биты могут только по очереди принимать заданные значения, и получается, что решение некоторых задач может занимать десятилетия. Именно поэтому мы, например, пока не имеем лекарств без побочных эффектов, мировая логистика несовершенна, вечный двигатель не создан.

Логическая единица гибридных процессоров – *кубит*. Он совсем не похож на своего старшего брата, и последовательность действий бита ему не близка. Сила кубитов в том, что они могут су-

ществовать в суперпозиции состояний: быть 0 и 1 одновременно. В результате, в N кубитах можно зашифровать 2N состояний – больше, чем в обычных битах, что в перспективе сокращает десятилетний срок выполнения задач до нескольких минут. Итог – экспоненциальный рост мощности вычислений!

Наиболее популярными платформами для реализации кубитов являются фотонные интегральные схемы (ФИС) и сверхпроводящие электрические цепи. В качестве носителей для вычислений и передачи информации здесь используются фотоны и куперовские пары электронов, а сложнейшая архитектура, включающая специальные нелинейные элементы, реализует квантовую запутанность – это и является физической реализацией кубитов. И фотонный, и сверхпроводниковый вычислители сегодня используются как гибридные системы, состоящие из классических процессоров и сопроцессоров на новых физических принципах.

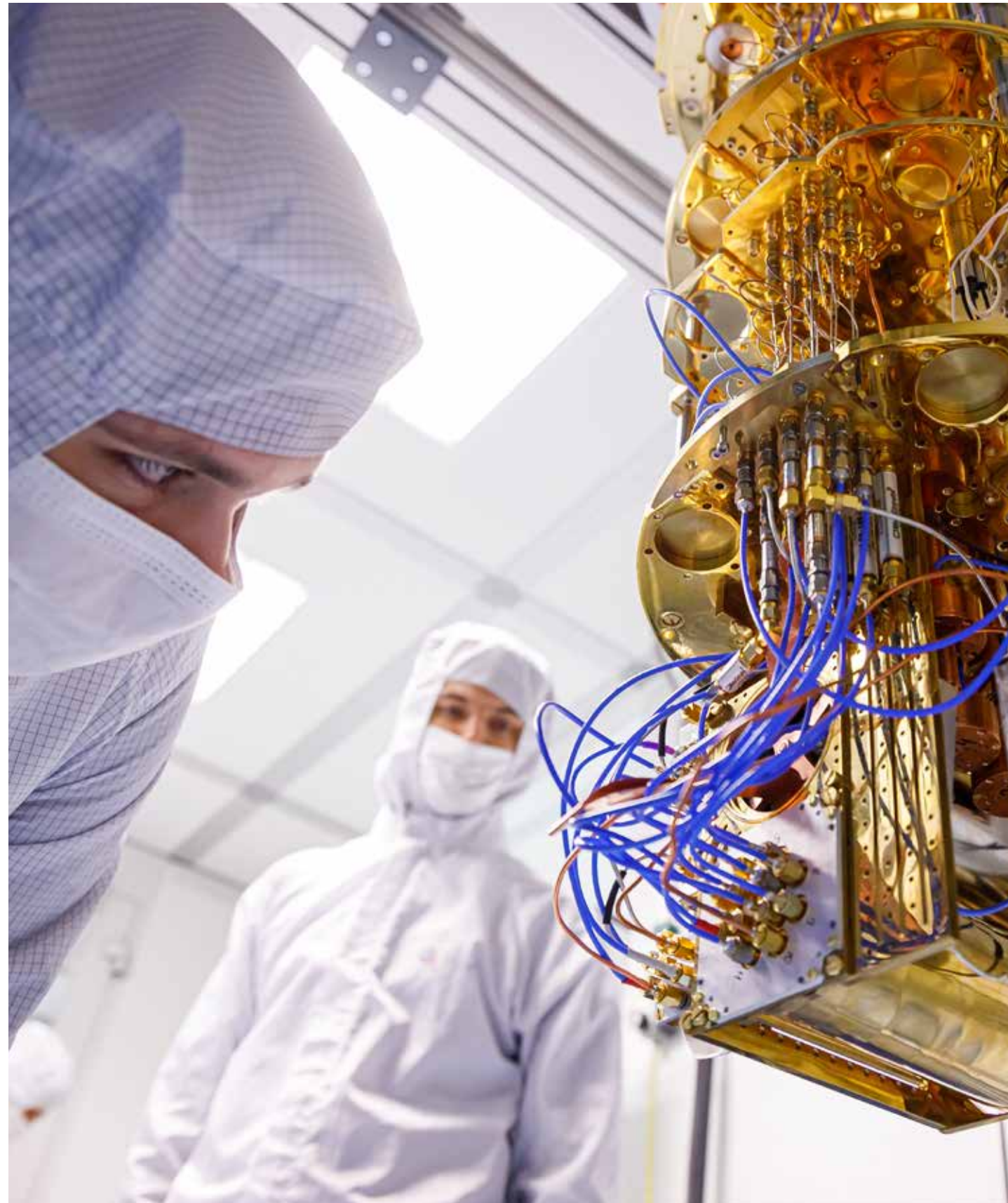
Гибридные системы на горизонте 10–30 лет кардинальным образом изменят глобальный технологический и экономический ландшафт. В разработках наиболее заинтересованы такие отрас-

ли, как медицина и фармакология (молекулярное моделирование, создание лекарств и вакцин), материаловедение (куда же мы без «умных» материалов?), автомобилестроение, нефте- и газодобыча, и, конечно, микроэлектроника.

Фотоника сегодня вписана в приоритетные направления развития науки и техники ведущих мировых держав с высокоразвитой технологией – от США, Великобритании, Южной Кореи до Европейского союза. По прогнозам экспертов, к 2025 году объем американских инвестиций в технологии фотоники превысит 837,8 млрд долларов при среднегодовом темпе роста 7,1% в год.

Исследования *сверхпроводниковых процессоров* стартовали в 1999 году, когда японец Ясунобу Накамура и россиянин Юрий Пашкин впервые продемонстрировали возможность использования сверхпроводящей схемы в качестве так называемого зарядового кубита. С тех пор в этой области достигнут невероятный прогресс. Активные разработки ведущих научных групп и инвестиции коммерческих компаний, включая IBM, Google, Intel, Rigetti, D-Wave выводят сверхпроводящий процессор на лидирующие позиции относительно альтернативных технологий. Кульминацией «криобума» стала демонстрация в 2019 году компанией Google квантового превосходства. Квантовый процессор Sycamore из 53 кубитов решил поставленную разработчиками задачу за 200 секунд. По различным оценкам один из самых мощных в мире суперкомпьютеров Summit решал бы ее от 3,5 дней до десяти тысяч лет.

Невероятная мощность гибридных процессоров делает исследования в этой области абсолютно прорывным направлением. Квантовые вычисления в широком смысле формируют инновационный и научный *авторитет* государств, который на горизонте 10–20 лет кардинально *изменит всю мировую экономику*. Бауманка – как кузница российских высокотехнологичных разработок – включается в эту гонку стратегического значения. В рамках программы «Приоритет 2030» и проекта Bauman Deep Tech в МГТУ сегодня проводятся исследования в области проектирования, изготовления и измерения сверхмощных гибридных систем.





Рассказывает
руководитель
стратегического
направления
«Фотоника»
стратегического
проекта
Bauman Deep Tech

Владимир Лазарев

начальник лаборатории
НОЦ «Фотоника и ИК-техника»

ОБЪЕДИНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЛАЗЕРНЫХ ИСТОЧНИКОВ СРЕДНЕГО ИК-ДИАПАЗОНА, ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОПТИКИ И НАНОФОТОНИКИ ОТКРЫВАЕТ ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВУЮ НИШУ В СЕГМЕНТЕ КОМПАКТНЫХ И НАДЕЖНЫХ ФОТОННЫХ УСТРОЙСТВ

Елена Емельянова

Стратегический проект

– Направление «Фотоника» – один из шести треков стратегического проекта Bauman Deep Tech. Треки формировались, исходя из продуктовой логики – каждый из них должен к 2030 году прийти к целевому продукту. В нашем треке в качестве такого продукта указаны интегральные лазерные источники среднего ИК-диапазона в модульном и платформенном исполнении для прецизионной хирургии и интраоперационной *in-situ* диагностики.

Работы в этом направлении предполагают создание широкополосных непрерывных и импульсных перестраиваемых лазерных источников среднего ИК-диапазона, сверхчувствительных детекторов для биомедицины, сверхузкополосных лазеров, технологических лазеров.

С учетом трендов интеграции, модульности и платформизации, предполагается выполнить переход на интегрально-оптическое исполнение источников и детекторов. Таким образом, объединение техно-

логий лазерных источников среднего ИК-диапазона, интегральной оптики и нанофотоники открывает принципиально новую нишу в сегменте компактных и надежных фотонных устройств.

Сегодня готовые решения на рынке фотоники и биомедицинской техники для прецизионной хирургии, совмещенной с интраоперационной *in-situ* диагностикой, попросту отсутствуют. Существующий уровень техники основан на сочетании хирургических лазерных комплексов с эндоскопическими системами. Это приводит к увеличению длительности операций, не совсем точной дифференциации здоровых и поврежденных тканей, что, в свою очередь, является серьезным препятствием на пути перехода к высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения.

Что нас сегодня особенно обнадеживает? По разработке систем оптоакустической диагностики мы работаем с Сеченовским университетом (Первый МГМУ им. И.М. Сеченова).

Совместно с ними (под моим руководством) мы выиграли грант Российского научного фонда. В этой работе мы создаем импульсный лазер, который возбуждает акустические колебания в тканях. Специальный микрофон принимает эти колебания, делая трехмерную визуализацию тканей, что позволяет отличить патологическую ткань от здоровой. Оказывается, что это необходимо для интраоперационной диагностики хрящевой ткани, поэтому в составе нашей команды есть замечательные врачи-ортопеды.

Если говорить о нашем треке в целом, то было подано 19 заявок. Все заявки прошли формальную экспертизу и были направлены ведущим российским экспертам для оценки проектов по существу. Второй этап отбора прошло меньше половины – всего девять проектов. Они-то и были заслушаны на очной защите перед экспертным советом нашего трека, куда вошли представители институтов РАН, технологических компаний и университетов. В результате экспертный совет поддержал шесть проектов.

Среди победителей можно отметить проект Михаила Тарабрина по созданию новых лазерных систем среднего инфракрасного диапазона, проект группы сотрудников кафедры РЛ-2 под руководством Артема Соломашенко, которые разрабатывают систему дополненной реальности для врача-хирурга.

Проект Алексея Пнева (НОЦ «Фотоника и ИК-техника») связан с созданием волоконно-оптического датчика вибрации.

Еще один проект, который получил поддержку, направлен на развитие лазеров сверхкоротких импульсов. Его представил Станислав Сазонкин.

Проект Игоря Фуфурина (кафедра ФН-4, «Физика») посвящен анализу выдыхаемого человеком воздуха.

Проект сотрудников кафедры РЛ-2 под руководством Ильи Животовского будет решать задачу создания адаптивной системы контроля лазерного пучка.



«Я наших планов люблю громадь...»

Планов у нас много. И все достаточно масштабные. В одиночку с ними справиться невозможно, необходимо налаживать сотрудничество. Именно поэтому программа «Приоритет 2030» ориентирована на выполнение проектов в составе консорциума, когда собираются команды из разных организаций с взаимодополняемыми компетенциями. Такой консорциум в настоящее время мы формируем и в нашем треке. В него уже вошли Сеченовский университет, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Институт физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина РАН.

Планируем включить в работу НПО «ИРЭ-Полюс» – мирового лидера в производстве волоконных лазеров, а также

пермский кластер фотоники (ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания»).

Второй аспект нашей работы – инфраструктурный. Он связан с масштабной перестройкой нашего вуза – строительством кампуса. В кампусе будет, как мы считаем, настоящая жемчужина – бауманский квантум-парк. Это кластер фотонных, гибридных и флюидных технологий. Там расположится наш НИЦ прикладной фотоники, центр мягкой материи Станислава Юрченко, большой центр Ильи Родионова.

Мы так и задумывали наши проекты, чтобы они ложились, с одной стороны, в цель трека, а с другой – шли в развитие лабораторий и коллективов для нашего нового дома.

СТАНЕМ ЗДОРОВЫ ЛАЗЕРОМ



Михаил Тарабрин

трек «Фотоника»

На участие в конкурсе «Приоритет 2030» представил проект по разработке лазеров среднего инфракрасного диапазона для создания на их основе современных диагностических и хирургических систем.



ХРОМОФОР

в общем виде, это вещество, соединение, молекула, которая определяет поглощение ткани в выбранном диапазоне длин волн.

Елена Емельянова

– В чем состоит необходимость разработки именно таких лазеров?

– Дело в том, что они работают в диапазоне 2–3 микронметра. Внимание на него обратили только в последние годы, он пока очень мало исследован, но уже ясно – этот диапазон весьма интересен для медицины. Ведь именно в нем находятся линии поглощения хромофоров, из которых состоит наш организм. В частности, это вода, коллаген, гидроксипатит. Почему важны именно эти хромофоры? Мы на 60 % состоим из воды. Коллаген является основой кожи, костей, хрящей, волос. В свою очередь гидроксипатит – это то, из чего наполовину состоит кость и на 96 % наши зубы. Изменение концентрации этих хромофоров в любой части нашего организма может служить сигналом о начале развития какого-то заболевания.

– Где же конкретно могут найти применение разрабатываемые вами лазеры?

– Уверен, что их будут использовать в хирургических системах. Там как раз нужно максимальное поглощение исследуемого вещества для более эффективного и точного удаления материала без повреждения окружающих тканей. Если мы хотим в прецизионной хирургии заменить металлический скальпель на лазерный, то надо подобрать правильную длину волны. Чаще всего ее подбирают под максимальное поглощение воды – 2,95 микронметра. Сегодня уже существует лазерная система, которая работает на 2,94 мкм.

Но нынешние системы работают на фиксированной длине волны, а это не очень удобно для медиков. Я же вместе с коллективом разрабатываю систему, которая будет позволять перестраивать длину волны. Ее можно будет подстраивать не только под воду, но и под другие вещества. Например, подобный лазер необходим в хирургии костей, в стоматологии, других областях.

Короче – с помощью одной установки можно будет решать многие задачи. Мы хотим предоставить врачу универсальный инструмент, который он самостоятельно (перестроив длину волны) может за считанные секунды перепрофилировать на другое применение. Например, хирург, вылечив зуб (кость), тут же может начать лечить десну (мягкая ткань), взяться за удаление новообразований внутри организма и на поверхности кожи.

– Давайте еще поговорим об областях применения вашего лазера. О хирургическом применении (кости, мягкие ткани и пр.) вы упомянули. Но наш разговор начался с диагностики по хромофорам...

– Действительно, такие лазеры незаменимы при создании диагностических систем. С их помощью можно получать трехмерное изображение, которое показывает распределение конкретных веществ в изучаемой области организма.

– Что это означает на практике?

– Вместо того, чтобы делать рентген, КТ, УЗИ, которые показывают архитектуру организма, но не в состоянии точно показать содержание каких-то веществ, наш лазер позволит перейти на более современные системы визуализации.

Например, на оптическую когерентную томографию. Сейчас она уже используется. В клиниках стоят аппараты, которые работают на 1300 нанометров. С их помощью получают изображение сетчатки глаза, проникая сквозь глаз. Это позволяет точно диагностировать болезни, связанные с повреждением или риском отслоения сетчатки.

В рамках «Приоритета 2030» мы будем делать хирургическую систему и систему оптической когерентной томографии.

– Вопросы медицины интересуют всех без исключения. Так или иначе, все мы лечимся, все хотим получить качественную и безболезненную помощь. Приятно, что в нашем Университете создаются столь совершенные системы. Но почему вы занялись разработкой лазеров именно для медицины?

– Нашей лаборатории уже пять лет. Когда мы начинали заниматься лазерами, то параллельно прорабатывались области, в которых данные источники излучения тоже могут применяться. Нам хотелось найти именно практический выход.

Проведение подобных работ находится на границе лазерной физики и биомедицины. Это сложное сочетание. Поэтому в лаборатории необходим сотрудник, который занимается чисто медициной. Причем это должен быть врач, который обязательно является практикующим. Нужно, чтобы он (также, как и мы) был бы заинтересован в научных исследованиях, имел время на изучение и реализацию чего-то нового. Поэтому в лаборатории не обойтись без исследователей, обладающих обширными знаниями на границе двух наук. Таких специалистов мало. Поскольку у меня нет профильного медицинского образования, то пришлось расширять свой

кругозор в медицине насколько это возможно. Но, читая статьи и обсуждая с коллегами то, что происходит в мире, я однозначно понял – будет интересно, если мы пойдем в эту область.

– Другими словами – это чисто ваша инициатива? Никакого запроса со стороны медиков не было? Или заказа от Минздрава России?

– Это инициатива. Когда у нас уже был первый лазер, то, благодаря нашей публикации и общению с коллегами, мы вышли на медиков. Они проявили к лазеру интерес. То есть получилось не как обычно, когда спрос рождает предложение. В мире науки часто происходит наоборот – само предложение породило спрос. И в самом деле – до того, как некое предложение возникнет, никто о нем не только не знает, но даже и не догадывается, что такое вообще возможно.

– Значит, посвятив себя этой работе, вы угадали?

– Я целенаправленно шел в эту область – знал, что точно будет интересно. К счастью, не ошибся. Это подтвердилось на практике – медики, с которыми мы сотрудничали (а это целая группа Сеченовского университета – Первого МГМУ) сказали: «Да. Нам очень интересно. Это нам очень нужно». Они сразу же конкретизировали свой интерес – визуализация хрящевой ткани. Это загадочная и малоизученная область, хотя проблемы с опорно-двигательным аппаратом есть у чрезвычайно многих людей.

– Желаю вам скорейшего внедрения лазерной системы в повседневную врачебную практику. Будем здоровы.

Первый вдох ребенка, только что появившегося на белый свет, заставляет разом сократиться все мышцы его грудной клетки. Это, конечно, очень больно. Вот и раздается первый крик. Но это не крик боли. Это крик радости. Ведь он говорит о том, что жизнь началась и теперь она закончится только с последним вздохом. Скорее всего, даже без крика. Между двумя этими вздохами целая жизнь. За которую, в среднем, человек делает более полумиллиарда вдохов-выдохов, пропуская через легкие миллиарды литров воздуха.

ГЛОТОК ВОЗДУХА — ЭТО МАССА ИНФОРМАЦИИ

Александр Емельянов

Состав атмосферного воздуха более-менее стабилен: азот ($\approx 78\%$) и кислород ($\approx 21\%$). Доля углекислого газа, аргона, неона, радона, гелия, криптона, водорода, метана, закиси азота и озона – в сумме примерно 1 %. Есть еще газы техногенного происхождения (фреон, например). А вот состав выдыхаемого воздуха в мизерных количествах «обогащен» еще некоторыми составляющими. Раз так, то появляется логичная мысль: «А нельзя ли это как-то использовать?» Прежде этим широко пользовались лишь представители ГАИ – просили дыхнуть и ставили диагноз: «Пил – не пил». Примитивный и не очень точный метод исследования.

Однако, как оказалось, в выдыхаемом нами воздухе насчитывается более трех тысяч различных соединений. Среди них есть и, так называемые, вещества-биомаркеры. По наличию (или по числу) молекул-биомаркеров в выдыхаемом воздухе можно определить состояние здоровья человека. И даже провести раннюю диагностику различных заболеваний.

Это не только заманчиво для ученых, но и весьма полезно для каждого из нас.

А раз так, то этим интересным и перспективным направлением исследований занялись ученые-бауманцы – сотрудники кафедры «Физика» (ФН-4). На кафедре тестируют математические подходы к исследованию состава выдыхаемого нами воздуха. Сегодня для этого используют нейронные сети, машинное обучение и другие методы, позволяющие провести качественный и количественный его анализ.



Игорь Фуфурин

доцент кафедры ФН-4, трек «Фотоника»

посвятил свой проект анализу выдыхаемого человеком воздуха.

– Выдыхаемый человеком воздух исследуется с помощью лазерной инфракрасной спектроскопии, – говорит доктор физико-математических наук, член-корреспондент Российской академии наук, заведующий кафедрой «Физика» Андрей Морозов. – Мы уверены, что предлагаемый нами подход позволит в самом ближайшем будущем создавать приборы для экспресс-диагностики различных опасных заболеваний. Наш метод позволяет использовать инфракрасный спектр вещества (как своеобразные «отпечатки пальцев») для идентификации ряда заболеваний. При этом чувствительность разработанной нами установки позволяет обнаруживать широкий перечень биомаркеров. Сегодня сотрудники лаборатории кафедры, а также Центра прикладной физики МГТУ им. Н.Э. Баумана работают над повышением чувствительности установки и над разработкой математических методов анализа спектров, включая нейронные сети. Готовятся к предстоящим клиническим испытаниям.

Современная медицина стремится стать «человеколюбивой». Хирурги, например, жалея нас с вами, все чаще используют лапароскопические методы. Вот и диагностика тоже не отстает – стремится к созданию неинвазивных методов. Анализ выдыхаемого воздуха – из их числа. Молекулы-биомаркеры позволяют медикам-профессионалам делать заключения и о состоянии нашего здоровья в целом, и об уже имеющейся у нас серьезной патологии: проблемах с печенью, сахарном диабете, раке и многом другом.

Согласитесь, ведь это действительно фантастика – всего-то и дел, что просто «дыхнул» (как этого требуют милиционеры от водителей, подозреваемых в том, что они выпили), а тебе тут же поставили верный диагноз. А это залог правильного лечения. Вот такая бауманская экспресс-диагностика. Обыкновенное чудо? По-видимому, стараниями ученых Университета, скоро будет сказано «да».

На кафедре «Физика» МГТУ им. Н.Э. Баумана, чтобы поскорее сделать это чудо реальностью, создают соответствующий прибор.

– На базе инфракрасной спектроскопии с применением квантово-каскадных лазеров широкого диапазона перестройки мы создали работающий прототип, – рассказывает кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Физика» Игорь Фуфурин. – Он позволяет с высокой точностью анализировать состав газовых смесей. От привычных всем спектрометров наша разработка отличается рекордной длиной оптического пути – 76 метров, а также широким диапазоном перестройки лазера до 1000 см^{-1} . Разработанный метод может найти применение в биомедицинских технологиях, в решении задач охраны окружающей среды, а также в различных системах безопасности. Выдыхаемый человеком воздух – настоящий «бульон». В нем содержится сотни и тысячи ингредиентов. Сейчас перед нами стоит задача с высокой точностью понять, что же именно находится в этом «бульоне».

– Разработанный прибор и метод проведения анализа мы планируем обсудить на этическом комитете Департамента здравоохранения Москвы и в этическом комитете Морозовской детской городской клинической больницы, (где планируем апробировать и внедрить новое направление диагностики). А еще – на базе кафедры клинической иммунологии, аллергологии и адаптологии ФНМО МИ РУДН – говорит кандидат медицинских наук, заведующий пульмонологическим отделением Морозовской ДГКБ Павел Бережанский. – Широкий спектр профилей медучреждений позволит провести комплексные исследования по выявлению устойчивых взаимосвязей между состоянием здоровья различных групп пациентов и составом выдыхаемого воздуха. Мы надеемся на скорейшее внедрение предлагаемых методов в медицинскую практику.

Свои исследования ученые вуза проводят при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

ТЕХНОЛОГИИ СПЛЕТАЮТСЯ С ЖИЗНЬЮ

Сегодня МГТУ им. Н.Э. Баумана – единственный в России производитель кварцевых микрофлюидных «лабораторий-на-чипе». Такие системы – это основа «организма-на-чипе» в технологической части.



Станислав Юрченко

руководитель трека
«Биотехнологии и мягкие материи»

Станислав Юрченко

Биотехнологии – одна из крупнейших областей развития науки в мире. Они тесно связаны с науками о мягкой материи, которые лежат на стыке физики, химии, наук о материалах и о жизни, наук, изучающих жидкости, флюиды, белки и мембраны, клетки и бактерии. Науки о мягкой материи составляют фундамент биотехнологий будущего, подобно физике твердого тела в микроэлектронике.

В рамках трека «Биотехнологии и мягкая материя» (BioTech & Soft Matter) в МГТУ им. Н.Э. Баумана будут проведены научные исследования и разработки, а, кроме того, – созданы новые образовательные программы в кластере инженерии в науках о жизни («Engineering in Life sciences») МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Главная цель – создание модели «организма-на-чипе» (organism-on-a-chip), которая имитирует ткани внутренних органов и биохимические связи между ними, воспроизводит сложные реакции на бактерии и лекарственные препараты. Сегодня уже созданы отдельные «органы-на-чипе» (печень, легочная ткань, нейроны, кожа). Вместе с тем имитация «организма-на-чипе» остается значимой и нерешенной проблемой.

Анализ исследований по теме «орган-на-чипе» показал, что по этому поводу опубликованы 983 статьи (первая работа в 2009 году), лидер – Гарвардский университет (91 работа). Однако продуктов, готовых к внедрению в реальный сектор экономики, практически не существует.

Ключевые проблемы в этой области можно разделить на «технологические» и «биологические». «Биологические» проблемы включают масштабирование органов, васкуляризацию тканей, создание универсальных сред, получение индуцированных плюрипотентных стволовых клеток (ИПСК), учет циркадных циклов в клетках.

«Технологические» проблемы включают разработку и создание микрофлюидных чипов, платформ для поддержания стерильности и предотвращения образования пузырей, адсорбции лекарств и связывания с материалом чипа, разницы в скорости потока между платформами, создание заданных уровней оксигенации и состава питательных сред, дизайн самосборки клеток на чипе в тканевые структуры, имитирующие реальные органы, и детальную визуализацию явлений в живых системах.

Технология «организма-на-чипе» тесно связана с биофабрикацией, микрофлюидными биореакторами и управляемой самосборкой клеток, необходимой для инженерии тканей, воспроизводящих сложное поведение реальных систем на чипе. Исследования в этой области с использованием вращающихся электрических и световых полей, микрофлюидных потоков остаются на ранних стадиях своего развития.

Научно-технологический задел в МГТУ им. Н.Э. Баумана сформирован в области микрофлюидных и нанотехнологий, наук о мягкой материи, биомедицинской инженерии. В рамках проекта «Спектр-Био» (ФПИ) разработаны технологии микрофлюидных «лабораторий-на-чипе» из PDMS (полидиметилсилоксан), стекла и кремния с микроклапанами и многослойной структурой микроканалов. Разработаны новые методы управляемой самосборки в мягкой материи, анализа данных в биомедицинской инженерии, сенсорике, опубликовано более 85 научных статей в журналах Q1, защищены 23 кандидатские и три докторские диссертации, получены девять патентов РФ.



НА СТЫКЕ БИО- И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

В рамках трека «Робототехника» будут созданы новые методы проектирования робототехнических комплексов, их систем и отдельных узлов (манипуляторы, приводы, источники энергии, сенсоры, системы управления, навигации и наведения) с заданным уровнем надежности. Одним из векторов развития трека «Биотехнология и мягкая материя» станет исследование путей создания ультрочувствительных биосенсорных систем с возможностью реализации обратной связи, моделирующей сенсорные поля организма.

Одно из перспективных направлений развития трека «Робототехника» проекта *Bauman Deep Tech* – разработка систем управления роботизированными комплексами, основанных на принципах антропоморфной бионики.

Команда бауманцев выполняет его под руководством научного руководителя факультета БМТ, заведующего кафедрой «Медико-технические информационные технологии» (БМТ-2) МГТУ им. Н.Э. Баумана, доктора технических наук, профессора Сергея Щукина.

Елена Емельянова

Антропоморфное управление

Очевидно, что решение этой проблемы находится на стыке технических и бионических наук.

Результатом выполнения проекта станет лабораторный макет системы антропоморфного управления внешним манипулятором. Он будет состоять из биосенсорной системы, работающей на трех физических принципах (биоэлектрическом, биоимпедансном и миотоническом) и внешнего манипулятора.

То, для чего сделают этот стенд, звучит для непривычного уха очень непонятно – на нем выполнят исследования по возможности создания инструментального, алгоритмического и методического обеспечения биосенсорной системы антропоморфного управления. Это первый этап работы, который, завершившись успехом, позволит плавно перейти ко второму.

Сергей Щукин

заведующий кафедрой
«Медико-технические
информационные технологии» (БМТ-2)
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
доктор технических наук, профессор

Полное название проекта –

«Биосенсорная система антропоморфного управления внешним манипулятором на основе нейромышечной активности тканей предплечья»

Его конечная цель – разработка ультрачувствительной многоканальной системы управления, основанной на различных биофизических принципах биосенсорики, средств и методов антропоморфного пропорционального управления тремя типами активных движений внешнего манипулятора.

Но не будем забежать вперед, а кратко расскажем о внешнем манипуляторе. Он, как и большинство его обычных аналогов, сможет выполнять наиболее необходимые типы движений – схват–раскрытие, сгибание–разгибание и ротация кисти. Но есть и принципиальное отличие. В данном случае движения человека–оператора будут распознаваться на основе регистрации сигналов нейромышечной активности тканей предплечья почти моментально – с задержкой менее 100 мс. В этом и заключается секрет антропоморфного управления типовыми движениями.

Работа в три этапа

Напечатанная выше информация об идее работы заняла всего несколько абзацев. А вот ее реализация, разбитая на три взаимосвязанных этапа, потребует нескольких лет напряженной совместной работы научного коллектива бауманцев и команды–партнера из «Специального конструкторского бюро прикладной робототехники» («СКБ ПР»).

Разрабатываемая система будет востребована при создании новых методов проектирования робототехнических комплексов и их отдельных узлов. Причем не только в рамках трека «Робототехника», но и в технологии «организм–на–чипе» в рамках развития трека «Биотехнологии и мягкая материя» бауманского Deep Tech'a.

В нынешнем году ученые–бауманцы (кроме анализа современной литературы по целому ряду направлений, непосредственно связанных с их многофункциональной и многокомпонентной задачей) проведут еще целый ряд работ. Например, они планируют разработать научно–технические основы технологии картирования на основе регистрации сигналов нейромышечной активности различной физической природы: электроимпедансного, электромиографического, миотонического.

Сразу же вслед за этим будут созданы исследовательские стенды для проведения экспериментов картирования на основе сигналов нейромышечной активности. Это, конечно, не полный перечень работ, но даже он позволяет понять серьезность и системность подхода к достижению поставленной цели.

Будущее предопределено и...

Сегодня работы только–только разворачиваются. Поэтому в тексте этой статьи так много глаголов в будущем времени, которое, как утверждается в популярном фильме «не предопределено». Но это не наш случай. У нас – предопределено. Залогом тому – мощная команда участников проекта, в которую входят специалисты по биофизике, биосенсорике, инженеры–разработчики аппаратного и программного обеспечения биосенсорных систем, инженеры–робототехники из числа сотрудников факультета БМТ МГТУ им. Н.Э. Баумана. И, конечно же, – студенты и аспиранты нашего Университета.

В качестве партнеров ученые–бауманцы привлекли сотрудников «Специального конструкторского бюро прикладной робототехники». Они разделяют своей экспериментально–исследовательской базой для выполнения проекта. На ней будет проводиться интеграция основных технологических компонентов системы в рамках лабораторного макета и будут выполняться исследования с манипуляторами для подтверждения слаженной совместной работы базовых элементов системы.

...ВОТ ПОЧЕМУ

Важно, что стартует проект не с пустого места. Уже накоплен существенный научно–исследовательский задел:

опыт по созданию способов антропоморфного бионического управления, подтверждающийся успешно выполненными НИР и ОКР, российскими и зарубежными патентами, публикациями уровня Q1 и Q2, защищенной кандидатской и магистерскими диссертациями;

успешно выполненные НИРы и НИОКРы с Ракетно–космической корпорацией «Энергия» и ОАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука» по разработке модуля нейромышечного интерфейса;

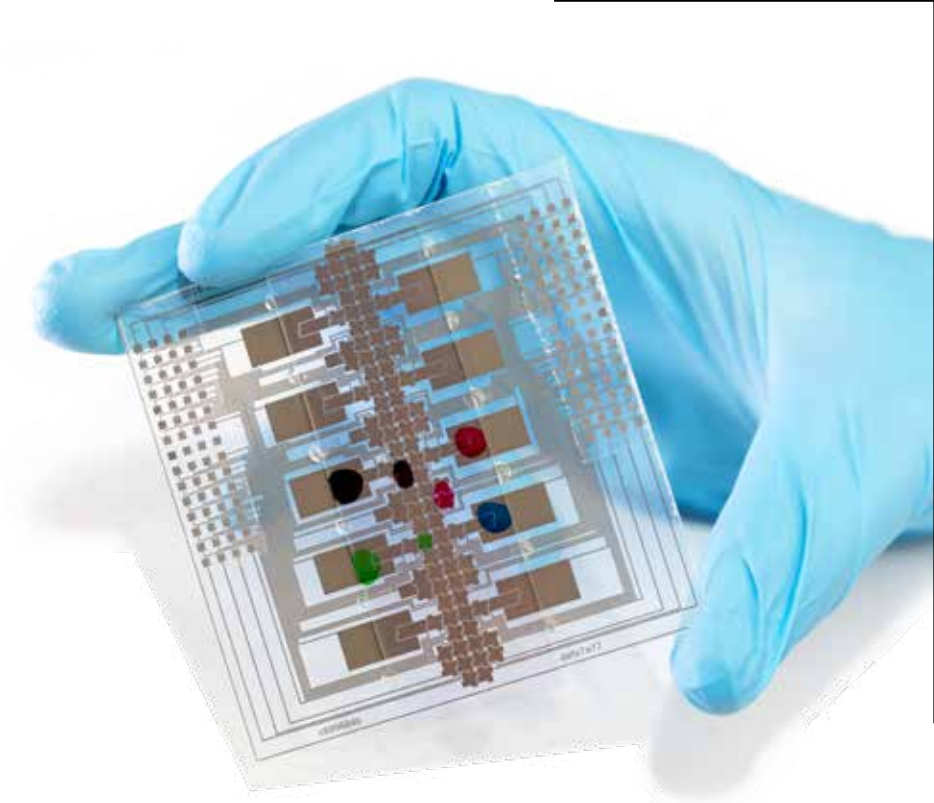
выполняется международный научный грант в рамках программы взаимодействия РФФИ–DFG совместно с Helmholtz Institute for Biomedical Engineering RWTH Aachen University –«Изучение проблем совместного управления электромиографии и измерений электрического импеданса для управления силомоментными параметрами реабилитационных медицинских устройств».

Еще одно направление

Рассказанное – это не единственное направление работ команды бауманцев, которыми руководит доктор технических наук, профессор Сергей Щукин. Еще один из ключевых научных проектов трека «Биотехнологии и мягкая материя» – биосенсорика для мониторинга процессов в тканях в реальном времени.

Развитие трека «Биотехнологии и мягкая материя», что подтвердила, в частности, ситуация с пандемией COVID-19, требует решения проблемы ускорения разработки и испытания новых лекарств и вакцин, направленных на профилактику заражения и реабилитацию пациентов, перенесших заболевание. А значит и мониторинга параметров сердечно–сосудистой и респираторно–дыхательной систем организма в процессе восстановительного лечения на основе современных биосенсорных систем мониторинга процессов в тканях в реальном времени.

Технологические аспекты трека «Биотехнологии и мягкая материя» включают разработку и создание микрофлюидных чипов «организм–на–чипе» и «орган–на–чипе» с возможностью визуализации параметров процессов самоорганизации клеток в кластерные и тканевые структуры.



Микрофлюидная система, или чип, –

это компактное устройство, в котором малые объемы жидкостей перемещаются по каналам размерами в десятки или сотни микронов.

Иными словами, чип представляет собой пластину из стекла, кремния или полимерных соединений, в которой вытравлены или отлиты микроканалы. Они имеют разную длину и размеры, а также могут соединяться для достижения желаемых функций – смешивания и разделения потоков, сортировки объектов (например, клеток).

Микрофлюидика работает с жидкостями, точно контролирует их потоки и анализирует даже пиколитровые объемы.

Чип позволяет автоматизировать пробоподготовку или протекание реакции в микроформате.

Для развития этого направления в МГТУ им. Н.Э. Баумана будут созданы универсальные мультимодальные биосенсорные системы. Они позволят исследовать параметры процессов пролиферации в зависимости от внутренних и внешних факторов, включая биоадекватные электрофизические воздействия с возможностью синхронизации как с собственными биологическими ритмами, так и со сдвиговыми деформациями и напряжениями, характерными для тканей головного мозга, сердца, эндотелия кровеносных сосудов, костных тканей.

Путь к успеху начинается с маленького шага. Bauman DeepTech сегодня делает самые первые, но уже вполне уверенные, шаги. Результат будет!

Предлагаемая концепция цифровой и технологической платформы

«Материалы как сервис»

позволит сократить в 3–5 раз цикл и затраты на инжиниринг в области создания новых материалов и продуктов на их основе, что позволит российским компаниям стать первыми в этом направлении.

БУДУТ ДОСТУПНЫ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ УНИКАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ, ОТХОДОВ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ



Александр Полежаев

заведующий лабораторией «Функциональные композиционные материалы» Центра НТИ «Цифровое материаловедение: новые материалы и вещества» МГТУ им. Н.Э. Баумана

Александр Полежаев

Об актуальности выбранного направления исследований

Когда мы готовили заявку на «Приоритет-2030» и разрабатывали трек по материаловедению, то основывались на собственном 10-летнем опыте работы в Центре «Композиты России» МГТУ. Выбранную концепцию мы назвали «Материалы как сервис».

К числу ее важных достоинств можно отнести то, что платформа будет доступна для даже тех компаний-производителей, у кого нет собственных технических подразделений. То есть это будет своеобразный маркетплейс, куда сможет обратиться фирма с идеей своего продукта, не вдаваясь в технические тонкости производства. Это новая ступень инжиниринга, которая позволит представителям заказчика непосредственно сотрудничать с техническими специалистами инжинирингового сервиса, подбирать материалы и технологии для создания своих продуктов.

Развитие трека построено на поэтапном создании цифровой и технологической платформы «Материалы как сервис» (Maas), состоящей из компонентов: цифровые и технологические сервисы; новые «умные материалы».

В рамках технологических сервисов будет развиваться направление синтеза суперконструкционных термопластов, их переработки в полупродукты, проектирование и создание технологий производства изделий из них. Также будут создаваться базы данных свойств суперконструкционных материалов и модули

инженерного программного обеспечения для проектирования изделий.

В рамках «умных материалов» будут создаваться новые высокопроизводительные роботизированные системы скрининга новых материалов и системы машинного зрения для распознавания качества экспериментальных образцов.

Заглянем в будущее?

Планируем, что к 2024 году будет сформирован серьезный задел для развития проекта «Киберполигон». Он будет включать и базу данных свойств материалов, в том числе из суперконструкционных термoplastов, и материалов, полученных по технологии селективного лазерного плавления. Будет разработана система расчета свойств анизотропных и композитных материалов, другие программные решения.

Результаты будут достигнуты и в создании «умных материалов», в том числе координационных и водородно-связанных кристаллических полимеров с управляемыми свойствами, полученными с помощью системы высокопроизводительного скрининга. Будут вестись и работы в области создания новых самовосстанавливающихся материалов конструкционного назначения, а также защитных покрытий со свойствами самовосстановления.

Уже сейчас получены хорошие результаты в процессах восстановления поврежденных материалов. Например, по результатам испытаний, прочность поврежденных участков пленки из термопластичного полимера восстанавливалась до 53 % за счет образования новых молекулярных связей в материале. Эффективность восстановления сохраняется для повреждений глубиной до 1,5 мм. Для «залечивания» царапин в готовом изделии будет достаточно нагрева до 50–60 °С с помощью обычного фена.

К 2026 году планируется «пилотное» внедрение информационных систем, баз данных и программных комплексов в

отрасли машиностроения и строительства. В части новых материалов и технологий на данном этапе стоит отметить создание и внедрение новых композитов на основе растительных волокон, «зеленых» связующих и термопластов, адгезионные и антикоррозионные составы для защиты и продления срока службы изделий, роботизацию технологий, а также технологии огне-, био-, гидрозащиты, защиты от излучения функциональных конструкций, эксплуатируемых в условиях Арктики и космоса.

Все это позволит нам на 10-летнем горизонте говорить о том, что «Материалы как сервис» станут технологической и цифровой основой для нового поколения инжиниринга в области конструкционных композитов.

Система будет внедрена в ключевых отраслях народного хозяйства и обеспечит ускоренное введение в хозяйственный оборот новых материалов и изделий, разработанных в рамках трека «Цифровое материаловедение».

В рамках цифровой платформы будет доступно прогнозирование свойств композиционных материалов на основе алгоритмов искусственного интеллекта, комплекс расчетов цифровых двойников изделий из композиционных материалов, включая предиктивное прогнозирование и формирование сценарных треков долговечности. В части материаловедения будут доступны промышленные технологии получения уникальных материалов из парниковых газов, отходов и возобновляемого сырья. В части технологий будет отказ от традиционных «препреговых» технологий и переход на новые технологии формования. И это лишь небольшая часть изменений целой отрасли материаловедения.

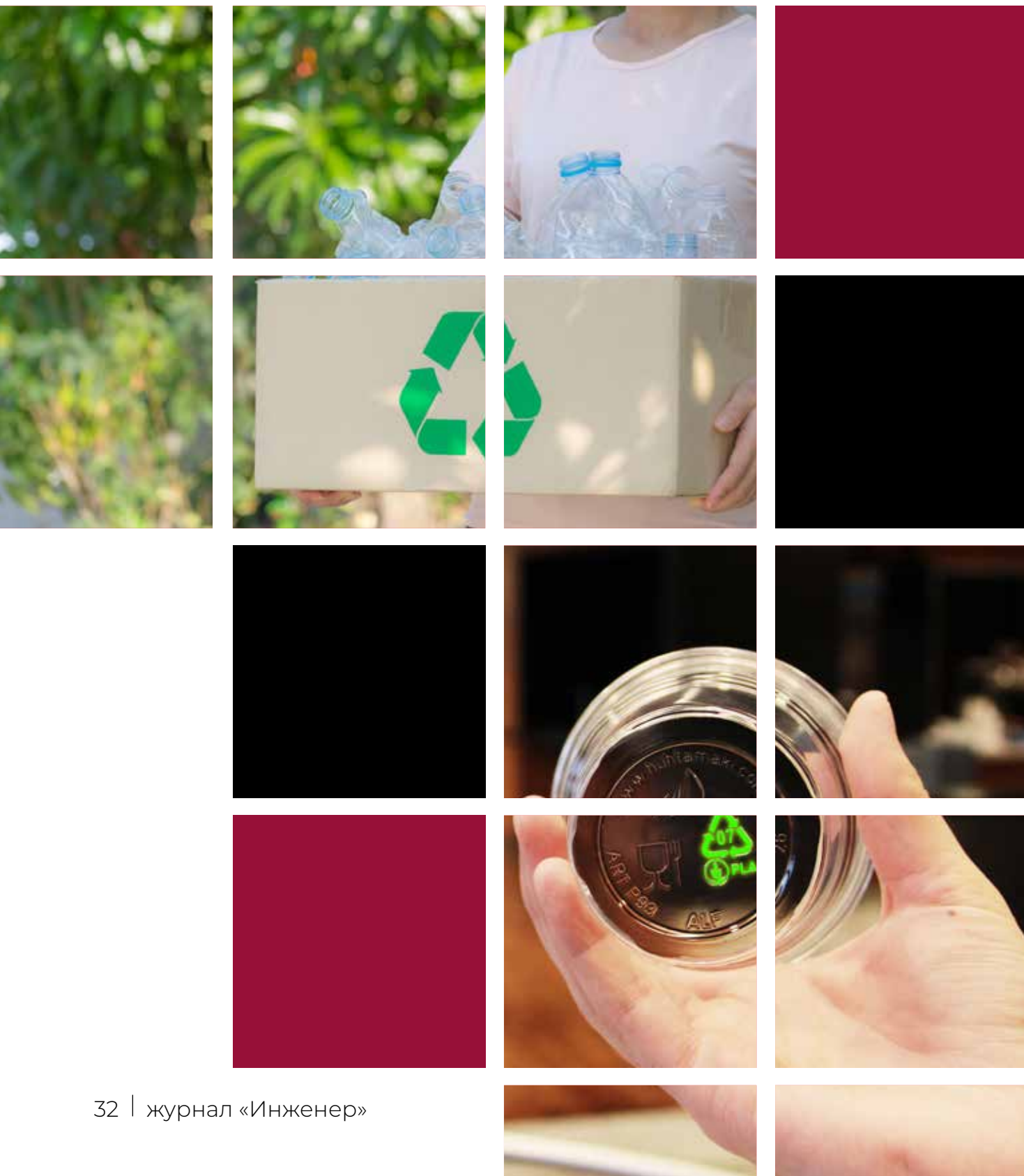
В развитых странах сегодня выделяют семь основных трендов в области материаловедения:

- **Разработка экологических материалов**
- **Облегчение веса конструкции за счет использования композитов**
- **Применение «умных» материалов**
- **«Информатика» материалов, позволяющая прогнозировать материалы будущего**
- **Инженерия поверхности и внутренней структуры**
- **Аддитивное производство**
- **Интеллектуальное управление материалами**

Эти тренды можно быстро развить и в России за счет предлагаемой к разработке цифровой и технологической платформы «Материалы как сервис», ориентированной на переход к «быстрой», «бесшовной» разработке новых материалов и изделий из них под конкретные потребительские задачи.

ПРОЕКТЫ ПО ПРОГРАММЕ «ПРИОРИТЕТ 2030»

ТРЕК «ЦИФРОВОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»



Анастасия Красовская

Ультразвуковой контроль тонкостенных изделий, выполненных из полимерных композиционных материалов

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) широко используют в промышленности. Применение ПКМ требует проведения неразрушающего контроля конструкций из них. Он существенно отличается от контроля металлических материалов и полуфабрикатов. Для каждого изделия или конструкции и технологии их получения характерны свои типы производственных дефектов. Внутренние дефекты не всегда можно выявить при визуальном осмотре. А они склонны к росту под действием эксплуатационных нагрузок и могут стать причиной разрушения изделия. Неразрушающий контроль позволяет исключить возможность пропуска опасных дефектов. Сегодня для обнаружения дефектов в ПКМ применяют, например, акустические, радиационные, тепловые, интерферометрические и другие методы неразрушающего контроля.

Цель работы – повышение качества изготовления тонкостенных изделий из ПКМ за счет разработки методики ультразвукового контроля таких изделий, позволяющей с высокой вероятностью выявлять трещины и другие производственные дефекты.

Планируется подготовить отчет о разработке твердотельной модели дифракции волн Лэмба в полимерных композиционных материалах, содержащий: модели распространения волн Лэмба в полимерных композиционных материалах и модели дифракции на объемных и плоскостных несплошностях в композиционных материалах. В планах проведение экспериментальной проверки модели дифракции.

Биоразлагаемые композитные материалы для «умной» пищевой упаковки

В последнее десятилетие устойчивое развитие пищевой отрасли обеспечивается постепенной заменой традиционной пластиковой упаковки на биоразлагаемые материалы. Однако, несмотря на то, что исторически оценка жизненного цикла пищевых продуктов проводилась преимущественно сравнительным анализом различных упаковочных материалов, сейчас наибольшее воздействие на окружающую среду имеет то, что находится внутри этой упаковки – пищевые отходы. Выявлено, что наиболее эффективным подходом к минимизации углеродного следа станет гибридная система по созданию умных биоразлагаемых упаковочных материалов, направленных на увеличение срока хранения продуктов питания, реализация которых на базе Центра НТИ будет возможна благодаря программе Bauman Deep Tech. Замена традиционной инертной пластиковой упаковки на смарт-композитные системы нового поколения, влияющие на состояние хранящегося в них продукта, занимает важнейшую роль в развитии пищевой отрасли.

Проводятся работы по подбору базовой гидроколлоидной матрицы, определению оптимального содержания активного агента, физико-химическая характеристика, подбор оптимального оборудования и его конфигурации для оснащения технологической линии изготовления упаковочных материалов на основе продуктов сельхозпереработки лубяных культур на всех ее этапах (измельчение, дробление, смешивание).

Планируется патент на созданную полезную модель.

Разработка суперконструкционных материалов, их цифровых паспортов и технологий создания углепластиков на их основе

Проект состоит из нескольких разделов. Во-первых, он направлен на ускорение цикла создания технологического продукта за счет разработки оригинальных подходов к получению новых многокомпонентных кристаллических материалов, обладающих требуемыми характеристиками для различных применений в науке и технологиях. Такие подходы играют ключевую роль при реализации цифровой и технологической платформы «Материалы как сервис», поскольку позволяют перейти от метода слепого поиска кристаллических материалов с требуемыми свойствами к их направленному дизайну, основанному на использовании современных подходов комбинаторной химии, высокопроизводительного скрининга и цифровых технологий материаловедения – визуального распознавания, анализа больших массивов данных и искусственного интеллекта.



Владимир Нелюб

директор
НОЦ «Технологии искусственного
интеллекта» МГТУ им. Н.Э. Баумана,
доктор технических наук,
профессор

” НАУЧНУЮ НОВИЗНУ ПРОЕКТА МЫ ВИДИМ В РАЗРАБОТКЕ САМОАДАПТИРУЕМЫХ ПОДХОДОВ И ИНСТРУМЕНТОВ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ”

*О треке «Искусственный интеллект как Сервис»
в стратегическом проекте Bauman DeepTech
рассказывает д.т.н., профессор, директор
НОЦ «Технологии искусственного интеллекта»
МГТУ им. Н.Э. Баумана Владимир Нелюб.*

Анастасия Красовская

– Владимир Александрович, в чем, на ваш взгляд, как руководителя работ по данному треку, заключается его актуальность на будущие годы?

– Область ИИ – одна из наиболее перспективных и интенсивно развивающихся сегодня. Однако основная проблема заключается в том, что на российском рынке нет собственных эффективных инструментов на основе технологий искусственного интеллекта, позволяющих быстро превратить разрозненные большие данные в полноценные цифровые активы, которые могут обеспечить дополнительный доход бизнесу и определять стратегические решения.

Кроме того, сегодня большинство решений в области интеллектуальных сетей, используемых отечественными телекоммуникационными компаниями, поставлялись из Европы и Северной Америки. Это создает существенные риски в условиях санкций. Большинство мировых лидеров, таких как Microsoft и Amazon, прекратили осуществлять локализацию и кастомизацию своих решений для российского рынка, а некоторые из них вовсе не поставляют необходимые продукты. Исходя из этого, перспективным направлением работы в рамках трека «Искусственный интеллект как Сервис» является разработка собственных необходимых инструментов для наших промышленных партнеров, прежде всего из телекоммуникационного сектора. Это позволит как телекоммуникационным компаниям увеличить операционную прибыль за счет внедрения интеллектуальных сервисов в свою экосистему, повышающих производительность каналов передачи данных, так и другим отраслям (таким как здравоохранение, промышленность, экология, образование и др.) решить стратегические задачи посредством использования отечественных разработок в области ИИ.

Научную новизну проекта в рамках трека «Искусственный интеллект как Сервис» мы видим в разработке самообучаемых, самоадаптируемых подходов и инструментов создания интеллектуальных сетей. Мы должны стать одним из центров формирования наиболее перспективных направлений ИИ.

– Расскажите подробнее о планах по реализации поставленных задач.

– Развитие трека «Искусственный интеллект как Сервис» будет идти по нескольким направлениям, среди которых разработка и исследование новых методов интеллектуального анализа данных, интеллектуальных технологий представления знаний в смежных областях ИИ, которые имеют высокий уровень связности между собой. Трек должен подтвердить и высокий потенциал практического применения разработок, а, следовательно, развитие трека должно обеспечивать решение широкого круга задач как наших партнеров из частного бизнеса, так и из госсектора.

– Как вы видите развитие трека на 10-летнюю перспективу?

– Главная задача трека «Искусственный интеллект как Сервис» – создание цифровой облачной платформы универсальных сервисов и интегрированной среды для интеллектуального развития самообучающихся систем. А именно, новых технологических платформенных решений (продуктов) на основе технологий прикладного (AAI), а в будущем сильного искусственного интеллекта (AGI). В рамках проекта мы объединяем всех заинтересованных участников отечественного рынка для решения широкого круга научных и прикладных задач для различных отраслей экономики, что позволит нам выйти на новый уровень цифровизации и дать новый толчок развитию цифровой экономики Российской Федерации.

В ходе реализации трека «Искусственный интеллект как Сервис» мы создаем все условия для эффективной работы и взаимодействия государства, научных и промышленных организаций, всех заинтересованных лиц, принимающих участие в развитии искусственного интеллекта, что позволит российским технологиям искусственного интеллекта достигнуть технологического суверенитета, а также занять значительную долю мирового рынка.

Все основные этапы для достижения поставленной задачи на период до 2030 года определены.

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ТРЕКА
до 2030 года

ПРОВЕДЕНИЕ НИОКР
И РАЗРАБОТКА
НОВОЙ КОНЦЕПЦИИ
«ИСКУССТВЕННЫЙ
ИНТЕЛЛЕКТ КАК СЕРВИС»
НА БАЗЕ МОДУЛЬНОЙ
АРХИТЕКТУРЫ

РАЗРАБОТКА
ОТЕЧЕСТВЕННОЙ
ЦИФРОВОЙ ОБЛАЧНОЙ
ПЛАТФОРМЫ, ЦИФРОВЫХ
СРЕД И УНИВЕРСАЛЬНЫХ
СЕРВИСОВ

РАЗВИТИЕ
ТЕХНОЛОГИЙ СБОРА,
ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА
БОЛЬШИХ МАССИВОВ
СТРУКТУРИРОВАННЫХ И
НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ
ДАННЫХ

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ
СЕРВИСОВ РАСШИРЕННОЙ
АНАЛИТИКИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ
МЕТОДОВ МАШИННОГО
ОБУЧЕНИЯ

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ
НЕПРЕРЫВНОЙ
ПОДГОТОВКИ
КАДРОВ В ОБЛАСТИ
ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА

ФОРМИРОВАНИЕ
ПРОДУКТОВОЙ ПОЛКИ
РЕШЕНИЙ И СЕРВИСОВ
И ВЫХОД НА РЫНОК

ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ
ИССЛЕДОВАНИЙ
В ОБЛАСТИ
ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА

Уже к 2024 году в рамках стратегического проекта Bauman Deep Tech трека «Искусственный интеллект как Сервис» будет создан программно-аппаратный комплекс управления интеллектуальными сетями передачи данных на основе отечественной компонентной базы и интегрированной в нее системы хранения и обработки больших данных.

Отечественное решение будет основано на технологиях доверенного ИИ, которое позволит заменить импортные аналоги, снизить стоимость и упростить его использование. По быстройдействию и надежности это решение обгонит иностранных конкурентов. С 2023 года в рамках проекта планируется интеграция разработки с Платформой-ГНС, а также запуск пилотного проекта программно-аппаратного комплекса (ПАК) для наших ключевых партнеров.

Решение поставленных задач позволит обеспечить мировое лидерство Российской Федерации в создании и использовании технологий доверенного ИИ.

Что касается телеком сегмента, совместно с ЭР-Телеком Холдинг мы ведем работу по созданию интеллектуального модуля поддержки жизненного цикла мультисервисных сетей. Ключевыми задачами в рамках этой работы являются создание интеллектуальных инструментов оптимальной конфигурации и реконфигурации мультисервисных сетей, интеллектуальный мониторинг и предиктивная аналитика трафика в сетях с целью обеспечения надежности их работы, создание комплекса интеллектуальных пользовательских сервисов по обработке информации интернета вещей. У модуля по интеллектуальным сетям уже есть конкретный рыночный потенциал.

– Что конкретно уже сделано?

– Среди наиболее значимого – создание собственной платформы BAUM AI для обработки структурированных и неструктурированных массивов данных любого типа и обучения моделей ИИ для задач создания баз знаний в государственном секторе, промышленности и медицине. Платформа применяется в составе комплекса по хранению и обработке данных BAUM с 2014 года в Центральном банке РФ, Минобороны России, ФНС России и др.

В рамках создания НОЦ ФНС России и МГТУ имени Н.Э. Баумана до конца 2022 года будет создан прототип платформы искусственного интеллекта со следующими модулями: модуль выявления юридических лиц с признаками фиктивности, модуль досудебного урегулирования, а именно модуль автоматического интеллектуального контроля обращений граждан, осуществляющий их автоматическую суммаризацию, определение тональности, накопление и контроль с использованием заданной индикативной модели значимости.

Нами также создан проект по предотвращению лесных пожаров. Модуль искусственного интеллекта анализирует термические точки, определяет вероятность пожара и класс горения на этой территории (обновляется четыре раза в сутки). Решение автоматически информирует ответственных лиц. Точность прогнозов – до 85 %. В разной стадии продвижения сегодня более 15 проектов.

В процессе реализации находится проект по классификации сердечно-сосудистых заболеваний, который позволит обеспечить:

- Предиктивное выявление сердечной недостаточности в момент лабораторных и клинических исследований пациента.
- Извлечение слабоструктурированных признаков и формирование датасета обезличенных данных для научных исследований.
- Онлайн информирование и отслеживание критически важных показателей.
- Формирование цифрового профиля пациента.
- Уменьшение нагрузки на врача.

За последние пять лет МГТУ им. Н.Э. Баумана опубликовано более 60 научных статей (Q1), получено 10 патентов РФ в области ИИ. Научный потенциал подтвержден успешной защитой четырех докторских и 16 кандидатских диссертаций. Сегодня нами активно проводятся НИР и ведется разработка собственных эффективных алгоритмов машинного обучения для решения прикладных и универсальных задач. Эти разработки послужат основой для создания отечественного доверенного решения по выполнению проектов с использованием технологий ИИ.

Наши исследования и результаты подтверждают – работа в рамках задач трека «Искусственный интеллект как Сервис» позволит добиться еще более эффективных результатов в условиях трансформации научно-технологической и социальной сфер. Мы готовы делать это, а еще – создавать и задавать тренды.



ПРОРЫВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОМОГУТ РАСКРЫТЬ СЕКРЕТЫ ПОДВОДНОГО МИРА



Родион Степанов

руководитель Дирекции по Арктическим программам

Одним из главных проектов по треку «Робототехника» станет «Комплекс добычи твердых полезных ископаемых со дна Мирового океана с применением группировки роботизированных подводных аппаратов». О том, как будет развиваться проект, мы говорим с его научным руководителем, руководителем Дирекции по Арктическим программам Родионом Степановым.

– Родион Олегович, чем был определен выбор именно этого направления робототехнической деятельности по «Приоритету»? Как в сферу внимания бауманцев попал Мировой океан?

– К моменту принятия решения в Бауманском университете закончилось выполнение НИР по созданию подводного телеуправляемого траншеекопателя «Шельф». Сегодня в мире всего три компании выпускают аналогичные комплексы. Для нашей страны замкнуть вдоль всех границ кабельное кольцо волоконно-оптической линии связи – задача стратегическая. Созданный бауманскими разработчиками РТК сумеет проложить линии связи на самом

трудном участке – трансарктическом. Кроме того, так уж совпало, незадолго до «Приоритета», Университет принял участие в подготовке технического задания на выполнение крупной работы в области разведки и добычи полезных ископаемых на дне Мирового океана с помощью робототехнических средств. Эта работа выполнялась по заказу Министерства промышленности и торговли. То есть, для выбора якорного направления работ в нашем треке существовал мощный задел.

– С чем связана важность этого проекта?

– Россия с 70-х годов прошлого века активно участвует в изучении недр Мирового океана, а с 2001 года работает в рамках контрактов, предоставленных

Примеры успешных проектов МГТУ им. Н.Э. Баумана в области робототехники, предназначенной для работы в экстремальных условиях:



«Разработка подводного роботизированного трубоукладчика»

«Разработка и изготовление блока программного управления дистанционно-управляемой специальной пожарной машины»

«Проведение исследований по внедрению робототехнических и автоматизированных решений в технологию выполнения работ в труднодоступных районах с применением мобильных комплексов на базе гусеничных снегоболотоходов»



«Поисковые исследования, разработка принципов группового управления роботизированными подводными аппаратами для мониторинга морских объектов и освещения подводной обстановки»



стране международным органом по морскому дну. В том числе на разведку трех видов океанических минеральных ресурсов: железомарганцевых конкреций (ЖМК) в зоне Кларион-Клиппертон Тихого океана, кобальтоносных железомарганцевых корок в пределах Магеллановых гор Тихого океана и глубоководных полиметаллических сульфидов в зоне Срединно-Атлантического хребта. Контракты предполагают определение возможности добычи твердых полезных ископаемых на дне Мирового океана и получение приоритетного права их последующего освоения.

– Расскажите подробнее о технических задачах, которые предполагается решить.

– Сегодня технологии добычи полезных ископаемых с морского дна находятся в стадии проработки и экспериментальной проверки. Подавляющее большинство решений основано на использовании схем с одной телеуправляемой донной добычной машиной и системой подъема разработанных полезных ископаемых на судно обеспечения. В нашем проекте предлагается выполнить разработку концепции роботизированного подводного комплекса для добычи полезных ископаемых на основе группы подводных аппаратов и донных машин. Считается, что такой подход повысит производительность процессов добычи, а также решит многие проблемы, связанные с энергопотреблением массивных подводных систем. Комплекс сможет работать даже в условиях частичного или полного нарушения внешнего управления. Предполагается, что в группировку войдут аппараты-сборщики, донная станция с функциями управления. На нее будет доставляться собранная масса полезных ископаемых. Через шламповод будет осуществляться подъем собранной руды на судно-носитель. Поскольку проект очень дорогостоящий, мы взяли за прототипирование основного элемента – агрегата сбора.

Работа затрагивает вопросы поиска новых методов проектирования РТК, их отдельных систем и узлов, реализованных на базе единой платформы, а также создания новых алгоритмов

управления подводной группировкой роботов. Результаты проекта должны способствовать выполнению комплексных исследований нескольких научных школ МГТУ им. Н.Э. Баумана. Выполнение заявленных задач позволит привлечь в качестве заказчиков Госкорпорацию «Росатом», ПАО «Газпром», ПАО «НК «Роснефть», АО «ЦКБ МТ «Рубин».

– Есть ли место для конкуренции в работе над проектом?

– Мы создаем конкуренцию внутри вуза. Это происходило уже на этапе подачи конкурсных заявок. Отбор был очень строгий. Потом состоялась мощная защита с участием высокопрофессиональных экспертов. Конечно, подводной робототехникой сегодня занимаются многие организации. Но хочу уточнить, цель «Приоритета», и она задекларирована на сайте Министерства образования и науки, – развитие университетов с показателями защиты диссертаций молодыми учеными, написания статей, достижений в области новых технологий. Там нет такого требования – сделать для страны робототехнический комплекс. Но у нас продолжается работа с Министерством промышленности и торговли. И по разработанному нами заданию на создание подводного аппарата для добычи полезных ископаемых будет проведен конкурс исполнителей. Если мы станем этим исполнителем работ, то в перспективе будем отчитываться перед Минпротторгом разработанным подводным комплексом.

– Представьте, пожалуйста, команду проекта.

– В коллектив рабочей группы вошли сотрудники кафедры СМ-11 «Подводные роботы и аппараты», отдела СМ4-2 «Подводные системы» НИИ СМ, а также аспиранты и магистранты. Большинство входящих в состав команды сотрудников имеют многолетний опыт в создании подводных робототехнических комплексов.

Важно отметить, что над проектом будут работать и молодые специалисты НОЦ «Гидронавтика» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Начиная с 2010 года наши команды, в основном состоящие из студентов

кафедры СМ-11, ежегодно участвуют в международном соревновании университетов (MATEC ROV) по подводной робототехнике, входя в десятку лучших. Команда МГТУ им. Н.Э. Баумана победила в российско-китайских соревнованиях (Владивосток, 2019), кубке России по ТПА (Астрахань, 2020), заняла четвертое место на международных соревнованиях по АНПА SAUVC (Сингапур, 2019).

При создании подводного комплекса мы ориентированы на применение комплектующих изделий, системного программного обеспечения отечественных производителей и разработчиков, с которыми сложились многолетние партнерские отношения.

– На ваш взгляд качественно жизнь Университета каким-то образом поменяется в процессе реализации программы трека?

– Об этом можно судить на примере того, что уже прошло. Сходная по масштабу и задачам работа у нас была при создании робототехнического комплекса «Шельф». И результаты ее довольно ощутимы и наглядны. Над проектом трудились разные коллективы, и опыт выполнения НИР у всех был свой. В итоге тесного взаимодействия общий уровень подтянулся. И отладка сотрудничества тоже стала важным итогом проекта. Опыт практической реализации идей очень дорогого стоит.

Появляются новые технические решения. В треке «Приоритета» инновационных разработок будет несколько. Например, будет исследоваться метод группового управления. В робототехнике, не только подводной, это топовая задача, начиная от групп беспилотников до микророботов.

Будут внедряться методы изготовления элементов конструкций путем бионического дизайна. Таким образом, будет возможность уменьшать массу роботов без ущерба для прочности изделий. Будут отрабатываться новые технологии проектирования.

Мне очень нравится, что в процессе сложной работы укрепляются деловые связи как внутри, так и вне Университета. Мы видим долгосрочный эффект – коллективы формируются, а это важно для дальнейших планов.

В состав комплекса НИОКР по технологиям подводной робототехники для добычи железомарганцевых конкреций входят проекты:

- Исследование и разработка систем технического зрения для перспективных подводных роботизированных комплексов.
- Разработка технологии цифрового проектирования, аддитивного производства и методов испытаний высоконагруженных элементов ходовых и несущих систем роботизированных комплексов.
- Комплекс подводной добычи твердых полезных ископаемых с применением группировки роботизированных подводных аппаратов.
- Исследование возможности создания лазающих и ползающих робототехнических устройств для выполнения технологических работ на объектах инфраструктуры морской добычи полезных ископаемых.
- Разработка научных основ создания антропоморфного робота-водолаза.
- Биосенсорная система антропоморфного управления внешним манипулятором на основе нейромышечной активности тканей предплечья.
- Разработка алгоритмов управления подводной группировкой роботов.
- Исследование коллективного поведения группировок микророботов в средах с внешним стохастическим воздействием при условии неустойчивости параметров связи.



В КРАТЧАЙШИЕ СРОКИ БУДУТ ПОЛУЧЕНЫ НАДЕЖНЫЕ, ЛЕГКИЕ И РАБОТОСПОСОБНЫЕ ОБРАЗЦЫ ЭЛЕМЕНТОВ ХОДОВЫХ И НЕСУЩИХ СИСТЕМ

Алексей Дьяков

Д. Т. Н.,
зав. отделом СМЗ-2 «Колесные машины»
НИИ СМ МГТУ им. Н.Э. Баумана.

«Ходовая часть робота должна быть прочной, надежной и... недорогой. Цель нашего проекта – разработка технологии создания сверхлегких, прочных и жестких элементов ходовых и несущих систем робототехнических комплексов (РТК) с использованием легких сплавов и аддитивных производственных технологий, исключающих необходимость изменения технологической оснастки в производстве»

Галина Герасимова

Сегодня существующие технологии создания элементов ходовых и несущих систем не из числа оптимальных и экономически выгодных. При создании элементов ходовых и несущих систем используется сложная оснастка, ручная или роботизированная сварка, влияющая на прочностные характеристики конструкции. Все это ведет к трех- и четырехкратному увеличению массы несущих конструкций. А это влияет на общую стоимость, на энергоэффективность, на подвижность РТК. В серийном производстве даже незначительные изменения конструктивного облика РТК требуют изменения технологической оснастки в производстве, что в некоторых случаях может составлять 500 % затрат на переподготовку производства.

– Проект «Разработка технологии цифрового проектирования, аддитивного производства и методов испытаний высоконагруженных элементов ходовых и несущих систем роботизированных комплексов» реализуемый по треку «Робототехника», направлен на создание новой технологии цифрового проектирования, аддитивного производства и методов испытаний высоконагруженных элементов ходовых и несущих систем бионического дизайна для роботизированных комплексов, – отмечает Алексей Дьяков.

Отличительной особенностью этого этапа проектирования будет использование виртуального моделирования динамики движения мобильных робототехнических транспортных комплексов с целью получения широкого спектра

нагрузочных режимов на силовые и высоконагруженные части их конструкций, а также для последующего использования метода топологической оптимизации с целью синтеза сверхлегких, прочных и жестких несущих конструкций РТК.

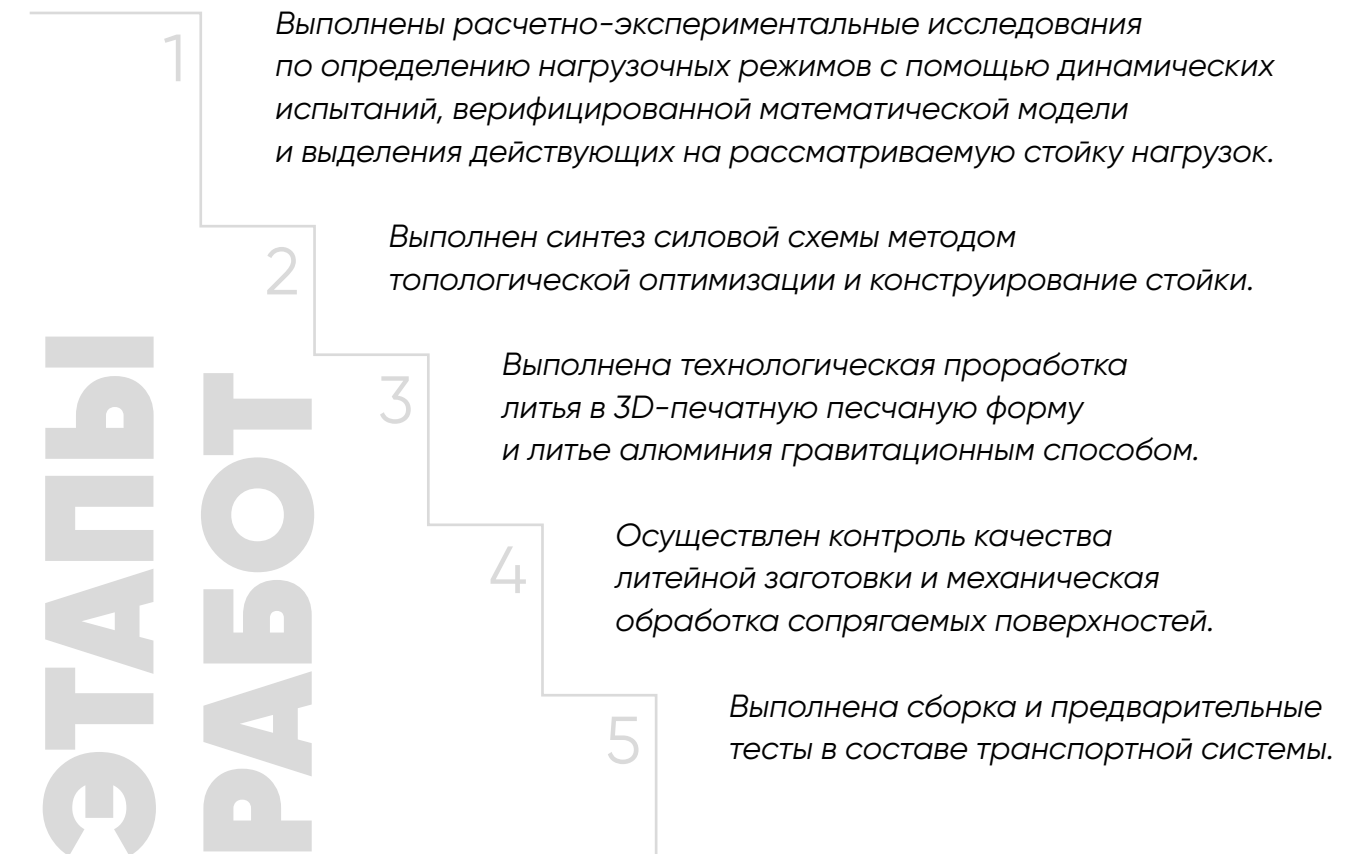
На этапе изготовления конструкций предполагается использование экономически выгодных технологий литья легкосплавных металлов в песчанобитумные формы, получаемые аддитивным способом. Такая технология не предусматривает изменения технологической подготовки производства при изменении номенклатуры изготавливаемых элементов. Поэтому она намного дешевле, чем прямое лазерное спекание металла.

Важной частью испытаний элементов ходовых и несущих систем станет проведение виртуально-физических экспериментов, позволяющих с помощью цифровых двойников РТК, виртуального полигона и полунатурных стендов обеспечить полный испытательный цикл изделий на прочность, жесткость, долговечность при минимальных затратах времени и средств.

Результаты проекта позволят сформировать основные постулаты технологии с вариативностью проектирования, производства и испытаний.

Представленная технология позволит в кратчайшие сроки получать надежные, легкие и работоспособные образцы элементов ходовых и несущих систем с минимальными экономическими затратами.

Научный задел включает в себя инициативные исследования в области биодизайна стойки – элемента ходовой системы.



КАК ЗАСТАВИТЬ РОБОТА СЛУШАТЬСЯ?



Кирилл Комаров

заведующий лабораторией «Математическое моделирование среды обитания Крайнего Севера» научного отдела Дирекции по Арктическим программам МГТУ им. Н.Э. Баумана.

”

Программа «Приоритет» направлена не только на развитие инженерной школы в Университете, но и на создание большого научного задела, без которого разработчики не смогут решить технические и технологические задачи.

Цели и задачи проекта связаны с поиском новых алгоритмов управления подводной группой робототехнических комплексов.

Кирилл Комаров

Эти технологии вызывают широкий интерес, например, у представителей нефтегазовых компаний. Ведь здесь групповая робототехника могла бы использоваться для мониторинга состояния морских нефтепроводов.

Одна из основных проблем подводной робототехники – отсутствие адекватных способов общения между агентами. Гидроакустические каналы связи обладают низкой скоростью передачи информации, что накладывает значительные ограничения на групповое управление такими системами. Эта проблема особенно чувствительна для небольших роботизированных комплексов с малой мощностью, что требует использования согласован-

ного управления для достижения коллективного поведения путем общения только с ближайшими агентами. Такое управление можно назвать «экстремальным» с точки зрения внешней среды, которая препятствует работе датчиков, средств технического зрения и навигации.

Еще один аспект, который важно учитывать при решении задач группового управления подводными роботами, – это сильные подводные течения, приводящие к сносу агентов и, как следствие, к рассинхронизации группировки.

Способы решения поставленных проблем: изучение коллективного поведения формализованных математических моделей; создание группировки

модельных роботов (интеллектуальных агентов) с целью адаптации и проверки алгоритмов коллективного поведения на реальных автономных объектах.

Первый подход предоставляет возможность изучать механизмы достижения консенсуса в мультиагентных системах с точки зрения нелинейной математики, теории управления, а также теории принятия решений. Здесь можно подробно исследовать явления стабилизации коллективного движения с различной топологией связи. Например, при временной задержке и переключаемой топологии, а также с дистанционно-зависимыми параметрами.

Теоретическая часть проекта предусматривает построение физико-математических моделей, проведение численных экспериментов, их анализ, разработку математических методов решения поставленных задач.

Второй подход несет в себе прикладную направленность. Он имеет интерес с точки зрения апробации теоретически полученных методов. Поэтому будет связан с разработкой и созданием микророботов и экспериментального комплекса (лабораторного стенда) в целом, а также с проведением экспериментальных исследований. Создание модельной системы из микророботов, которые будут имитировать поведение больших, позволит минимизировать затраты. На коллективе таких роботов будет проведено апробирование алгоритмов, созданных в процессе теоретической работы.

К выполнению проекта привлечены ассистенты и преподаватели кафедр СМ-11 и РЛ-1. К исследовательским и практическим работам будут подключаться студенты и аспиранты Университета.

Предполагается, что в ходе выполнения проекта будет наращиваться партнерская работа с институтами РАН, другими университетами и компаниями, заинтересованными в решении заявленной проблемы.

Результаты решения поставленных задач будут публиковаться в высокорейтинговых журналах, что является одним из показателей успешного выполнения «Приоритета 2030».

У ЗРЯЧЕГО РОБОТА ВСЕ ПОД КОНТРОЛЕМ



Василий Колючкин

руководитель проекта «Исследование и разработка систем технического зрения для перспективных подводных роботизированных комплексов», д. т. н., профессор кафедры РЛ-2.

”

Без системы технического зрения невозможно эффективно управлять робототехническими комплексами – она обеспечивает получение информации об окружающем пространстве, необходимой для принятия решений в автоматическом или автоматизированном режиме.

Василий Колючкин

Многоканальная система технического зрения должна обеспечивать:

- Обнаружение и распознавание изображений полезных ископаемых среди прочих изображений объектов донной поверхности, а также определение плотности и местоположения залежей этих ископаемых
- Регистрацию трехмерных (3D) образов объектов донной поверхности с целью обнаружения препятствий для мобильной части РТК, а также навигации
- Регистрацию 3D-образов объектов в рабочих зонах агрегатов добычи ископаемых.

Цель проекта –

разработка новых принципов действия многоканальных систем технического зрения, обеспечивающих для мобильных подводных робототехнических комплексов эффективное решение задачи добычи полезных ископаемых со дна океана.

Нужно иметь в виду, что функционирование СТЗ для подводных РТК осложняется эффектом рассеяния оптического излучения в водной среде, вызывающим помеху обратного рассеяния, которая существенно ограничивает дальность действия устройств регистрации оптических сигналов. Используемые сегодня традиционные варианты технической реализации СТЗ на основе телевизионных систем регистрации не позволяют полностью решить поставленные выше задачи.

В проекте по треку «Робототехника» будет проведено обоснование и разработка принципа действия функциональной схемы устройства, которое обеспечит высокоточную регистрацию 3D-образов объектов в сложных условиях функционирования подводного РТК. Кроме этого, важной задачей будет создание алгоритма извлечения из зарегистрированных 3D-образов объектов информации, необходимой для навигации и управления движением мобильных подводных РТК.

РОБОТУ ВАЖНО УМЕТЬ ЛАЗАТЬ?

«Постоянно находящееся под воздействием внешних агрессивных факторов оборудование для морской добычи полезных ископаемых требует регулярного обследования, а также выполнения технологических и ремонтных работ, в процессе которых требуется перемещаться по вертикальным наружным и внутренним поверхностям, имеющим различную форму и размеры», – рассказывает руководитель проекта по треку «Робототехника», к. т. н., доцент кафедры СМ-7 Сергей Калиниченко.

Кирилл Комаров

Любые поверхности будут проходимы

Весьма перспективной, в условиях истощения минеральных ресурсов на материках, становится добыча полезных ископаемых со дна континентального шельфа. Однако освоение этих минеральных ресурсов требует создания технологий и инструментов, обеспечивающих безопасную и надежную работу, исключая возникновение аварийных и нештатных ситуаций.

Цель проекта –

исследование возможности создания гаммы робототехнических (РТ) устройств, способных перемещаться (используя методы лазания и ползания) по наружным и внутренним поверхностям объектов инфраструктуры морской добычи полезных ископаемых, находящихся в надводном и подводном положениях.

В рамках НИР будет рассмотрена возможность организации управляемого движения по наружным поверхностям свай, колонн, труб, ферм металлоконструкций, резервуаров, кабельных линий, бортам судов, а также по внутренним поверхностям трубопроводов и резервуаров.

Разрабатываемые робототехнические устройства предназначены для обследования, ремонта, выполнения вспомогательных технологических операций на различных надводных и подводных объектах и могут действовать как автономно, так и в составе подводных РТ-комплексов. При этом подводный робот сможет выступать в качестве носителя. Предполагается рассмотреть вопросы группового применения таких роботов.

По результатам НИР будут разработаны технические решения, позволяющие перейти к ОКР по созданию перспективных робототехнических систем для выполнения вспомогательных операций при подводной добыче полезных ископаемых.

Научно-технический задел по тематике проекта

Бауманскими специалистами разработаны экспериментальные образцы шагающих роботов вертикального перемещения с магнитными и вакуумными захватами, в том числе роботы, способные переходить в процессе движения с одной поверхности на другую. Спроектированы системы управления такими роботами, разработаны алгоритмы движения, проведено моделирование походок.

Также проводились исследования возможности движения роботов вертикального перемещения (РВП) под водой.

Бауманцы создали экспериментальные образцы робототехнических устройств для перемещения внутри труб малых и средних диаметров, в том числе по вертикальным участкам. Был реализован пушпульный (ползающий) способ перемещения.

Проработаны робототехнические устройства с возможностью реконфигурации – изменения своей механической системы для движения в различных условиях.

Рабочая группа проекта создала концепцию построения робототехнических устройств для перемещения по наружной поверхности вертикальных стоек, труб и т. п., были испытаны методы управления механическими захватными устройствами, в том числе многопальцевыми, с регулированием усилий захвата, исследованы методы позиционно-силового управления. Реализованы электрические приводы с регулированием крутящего момента на основе коллекторных и бесколлекторных двигателей. Разработаны детальные математические модели таких приводов с учетом электрических процессов, люфта, трения, упругости механической передачи, а также методы моделирования манипуляционных систем, конструкция привода адаптивной системы управления лазерным целеуказателем.

Сергей Калиниченко

руководитель проекта по треку «Робототехника», к. т. н., доцент кафедры СМ-7



**Валерий
Бизиков**
(слева)

студент кафедры
СМ-7

**Дмитрий
Сулегин**
(в центре)

руководитель проекта «Молодежный робототехнический центр»,
доцент кафедры СМ-9, начальник Управления молодежной политики
МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Даниил
Кривоногов**
(справа)

студент кафедры
РК-9

ЛУЧШИЕ МОЛОДЫЕ КАДРЫ

НУЖНО ИСКАТЬ СРЕДИ СВОИХ СТУДЕНТОВ

Молодежный образовательный проект в области робототехники включает в себя: НИР по системе управления подводного робота, развитие образовательного центра транспортно-технологической роботизации, создание «Молодежного робототехнического центра». О том, как будут развиваться эти направления в рамках программы «Приоритет 2030», мы беседуем с руководителем проекта, доцентом кафедры СМ-9, начальником Управления молодежной политики МГТУ им. Н.Э. Баумана **Дмитрием Сулегиным**.

Галина Герасимова

– Дмитрий Андреевич, в ваш проект входят три разных направления. Что их объединяет?

– Все они настроены на одно важное дело – работу с молодежью: со студентами, выпускниками школ, молодыми преподавателями и учеными. В Бауманском университете очень трепетно относятся к молодому поколению. И наша роль – объединить то, что делается сегодня молодыми робототехниками в Университете и будущих студентов, которые только приглядываются к этому направлению профессиональной деятельности.

Мы должны быть на переднем крае!

Далеко не новое слово «роботы» – удивительно по своему смыслу. Сегодня, и, наверняка, так будет еще долго – оно ассоциируется с будущим. С нашими мечтами и целями, представлениями о качестве жизни, моделями развития общества. Мы видим, что сегодня роботы проникают во все сферы человеческого существования: управляют самолетами и поездами, спускаются на дно океанов, незаменимы в сборке автомобилей и производстве микрочипов, используются военными для разведки и разминирования, помогают спасателям искать людей под завалами. Роботам отводится огромная роль в освоении Луны, других больших и малых космических тел.

Но каким станет наш мир завтра? Какое место в нем займут российская наука и отечественные разработки в области робототехники – зависит не только от инженеров и исследователей. Скорость внедрения инноваций, умение выстроить правильную связь между всеми участниками инновационного процесса: учеными, разработчиками, промышленниками и предпринимателями, представителями власти – сегодня это приобретает все большее значение.

В нашем Университете накоплен огромный задел в создании робототехнических систем и автоматизированных производств. Достаточно вспомнить, что и при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, и во Всероссийском научно-исследовательском институте экспериментальной физики (Арзамас-16) эффективно применялись образцы мобильных роботов, созданных в НИИ ПМ МГТУ им. Н.Э. Баумана. Созданный с участием бауманцев «Луноход-1» стал первым роботом, оставившим свой след на поверхности нашей космической соседки.

Сегодня более трех десятков кафедр Университета занимаются разными направлениями, связанными с развитием робототехники. Потенциал МГТУ им. Н.Э. Баумана трудно переоценить. Максимально использовать его для появления на рынке уникальных инженерных решений поможет недавно созданная в нашем вузе совершенно новая по своим задачам и функциям структура – Инжиниринговый центр «Автоматика и робототехника» (ИЦ «АР»).

Будущее Центра, по убеждению его директора Олега Корниенко, тесно связано с образовательной политикой. «Наша кадровая опора – студенты-бауманцы, – отмечает руководитель ИЦ «АР». – Учитывая высокий конкурс на специальности по робототехнике, в Университет попадают уже высокомотивированные молодые люди. К нам приходят лучшие из лучших. Бауманцев будут привлекать к участию в крупных проектах, стратегически важных для страны. Это и есть путь воспитания подлинной инженерной элиты».

– Хотелось бы уточнить. Образовательный индустриальный центр транспортно-технологической роботизации это будет отдельная структурная единица?

– В Университете создается большой технический кластер, в котором будет находиться, в числе нескольких конструкторско-технологических структур, Инжиниринговый центр «Автоматика и робототехника». У МГТУ им. Н.Э. Баумана, как у научно-исследовательского университета, много разработок и заказов, основанных на сотрудничестве с разными предприятиями и организациями. Сегодня очень важно для решения стратегических задач, выполнения сложных технологических проектов, обеспечить приток хорошо подготовленных специалистов. А где их брать, если не среди своих же студентов? К нам поступает огромное число талантливых ребят, которые еще в школе занимались инженерными разработками, участвовали в олимпиадах и молодежных технических выставках. Но, случалось, некоторые приходили на первый курс и не знали, как продолжить свою практическую работу, как развиваться. Кто-то хотел поступить на специальности, связанные с робототехникой, но не получилось. Начали обучение на других кафедрах, хотя имели опыт проектирования роботов. Мы решили создать точку притяжения для ребят, которые хотят заниматься робототехникой. Эта площадка будет аналогичной нашему знаменитому «Молодежному космическому центру». Там будут работать со школьниками, которые увлекаются роботами. Задолго до выпускного экзамена они будут знать, что Бауманка сильна в этой области, и придут к нам. Для школьников предусмотрен курс лекций по введению в специальность. Ребят будут готовить и к участию в курсах, олимпиадах и соревнованиях.

– Соревнования – это часть планов? Доверяют ли участникам молодежного объединения участие в практических проектах?

– Мы должны добиться того, чтобы при слове «робототехника», сразу же возникла ассоциация с МГТУ им. Н.Э. Баумана. Ученые, которые трудятся над реальными проектами, будут заниматься и с молодежью. Понятно, что студентов 1-2 курса сразу к сложной работе не привлечешь. Для начала им необходимо получить базовые знания и навыки. Но и ограничивать в творчестве их никто не будет. В роли помощников выступают опытные преподаватели, студенты старших курсов. Суть такого наставничества – проконсультировать, подсказать, поддержать, если это нужно.

Такой опыт у старшекурсников есть. В феврале мы с ребятами из «Молодежного робототехнического центра» были в Артеке, где они делились с участниками смены своими идеями, проводили мастер-классы по программированию и сборке минироботов. наших студентов приглашали в международную школу креативных технологий для подростков 12-18 лет TUMO MOSCOW, где большое внимание уделяют занятиям по робототехнике. Бауманцы смогли увлечь школьников своими проектами. Руководство школы предложило Университету продолжить сотрудничество.

У наших студентов, которые учатся по связанным с робототехникой специальностям, большой опыт личного участия в разных мероприятиях. Многие – победители в различных инженерных соревнованиях. А к участию в престижных состязаниях допускаются студенты, имеющие и опыт коллективной работы, и понимание того как решить ту или иную практическую задачу.

Доступ к современному оборудованию позволяет студентам участвовать в уникальных проектах. Планов по развитию молодежной робототехники много. Будем стараться воплощать их в жизнь, делиться опытом с другими вузами.

– Один из недавних примеров успешного проведения молодежных соревнований по робототехнике в Бауманском университете – «Инженерный вызов 2021». Расскажите, как они проходили. Для чего нужны подобные мероприятия?

– В программу соревнований для студентов 1-2 курсов вошли двухдневная разработка проекта на базе технопарка и мастер-классы от специалистов в области инжиниринга и 3D-печати – ведущих преподавателей «Инжинириум МГТУ им. Н.Э. Баумана». Хардатон проходил в два тура. В заочном участникам было необходимо пройти электронную регистрацию и представить портфолио на каждого члена команды. А в финальном студентов ждала непростая задача: выделить остросоциальную проблему современного общества и предложить ее инженерное решение. На время проведения марафона всем участникам были предоставлены оборудованные места и все необходимое для работы.

Одна из проблем, которую пытались решить студенты – транспортная безопасность. Ценно, что каждый увидел ее по-своему – с точки зрения водителя, пешехода, организатора движения. И решения были предложены разные. Подобные мероприятия – замечательная возможность для реализации творческих идей. Их обязательно надо проводить. Они развивают наблюдательность и технические навыки. Осенью планируем провести два хакатона на базе нашего Университета, которые будут включать не только соревнования, но и мастер-классы для участников. Например, как презентовать свой проект. Для инженера важны навыки продвижения продукта на рынок.

– На ваш взгляд, насколько важно сотрудничество для развития образовательных проектов?

– Смотря, что понимать под сотрудничеством. Например, Студсовет МГТУ им. Н.Э. Баумана сотрудничает с коллегами из Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Наша дружба (под названием «Инженерное братство») существует давно. Их делегация приезжала к нам – знакомилась с работой лабораторий и научно-образовательных центров, наши студенты рассказывали о своей жизни, учебе и мероприятиях. В свою очередь они принимали бауманцев у себя как радушные хозяева – охотно делились инженерными идеями и творческими наработками.

Есть сотрудничество другого рода. Недавно подписанное соглашение МГТУ им. Н.Э. Баумана с ПАО АФК «Система» предусматривает проведение совместных фундаментальных и научно-прикладных исследований, развитие новых технологий. Это, несомненно, будет способствовать подготовке нового поколения конструкторов.

Что касается молодежного роботоцентра, мы успешно сотрудничаем с наукоградом «Сириус». Команда Бауманского университета участвует во Всероссийском конкурсе «Большая перемена». Наши студенты проводят учебные занятия по робототехнике для ребят, которые приезжают в Сочи со всей России.

Большую помощь в развитии образовательных проектов оказывают наши выпускники. Например, Александр Байкин, окончивший кафедру РК-6, ведет свой канал, посвященный популяризации робототехники. Он анализирует все достижения в этой области (как российские, так и зарубежные), активно общается с нашими ребятами, подсказывает, чем сегодня интересно и важно заниматься. Выпускник кафедры СМ-7 Олег Махонин – директор фирмы по проектированию беспилотников. Он с радостью помогает родному Университету, проводит мастер-классы со студентами.

– Что лично вам, как руководителю молодежного проекта трека «Робототехника», дает понимание, в каком направлении следует двигаться сегодня?

– Признаюсь, что не считаю себя рулевым. Ведущие ученые МГТУ им. Н.Э. Баумана подсказывают нам направление развития. Я занимаюсь организаторской работой. Помогаю студентам составить дорожную карту проведения своих соревнований, участия во внешних мероприятиях различной инженерной тематики. Советуюсь с выпускниками. Вот они говорят: «Дроны сегодня очень популярны и востребованы». А что, это не под силу бауманцу?! Давайте развивать это направление. Сегодня нет необходимости изобретать элементы конструкции дронов – они есть, остается только собрать сам квадрокоптер выбранной модели. Нас привлекают вопросы управления, программирования этого маленького летального аппарата. Чтобы он мог выполнять нужные команды.

Мне нравится объединять талантливых ребят вокруг какой-то интересной идеи. Нравится готовиться с ними к соревнованиям. Когда наступает финал после тяжелого труда, после самых разных волнений о том, получится ли задуманное, успеем ли к срокам, сможем ли добиться успеха – это же ни с чем не сравнимые чувства. Эмоции собирают нас в сильную команду.

Сегодня хочется вселить уверенность в абитуриентов, переживающих, получится ли поступить на выбранную кафедру. Знайте, если вы хотите заниматься роботами, значит, у вас будет свой проект!

Чем выпускников школ привлекает робототехника? Мы говорили с разными студентами, и в своих ответах они были схожи. Что и не удивительно. Ну, конечно же, создавать роботов фантастически интересно! Эта область деятельности вмещает в себя очень много сфер знаний, это коллективное творчество. И в то же время от каждого участника проекта требует самостоятельности, дисциплины и исследовательских навыков. Сложно? Да! Но, когда в итоге замысел воплощается в реальность, то сделанное вызывает ни с чем не сравнимый восторг.

Представляем вам студентов, которые наверняка станут активными участниками проектов «Молодежного робототехнического центра».

Максим Балакало

студент кафедры
СМ-7

«ВСЕГДА ХОТЕЛОСЬ ОБЛЕГЧИТЬ ТРУД ЛЮДЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В ТЯЖЕЛЫХ УСЛОВИЯХ»



Галина Герасимова

– Максим, расскажите, что стало для вас определяющим при выборе кафедры СМ-7.

– Наверное, это один из самых частых вопросов, которые мне задавали с начала моего обучения в Университете. С детства меня интересовали различные механизмы и все, что с ними связано. Но и электроника привлекала не меньше. Кафедра СМ-7 – это то место, где сливаются многие технические дисциплины, которые мне интересны. Робототехника для меня – сфера деятельности, которая позволяет раскрыть все свои идеи и наработки в различных областях – будь то сугубо инженерные или дизайнерские решения. Я всегда хотел облегчить труд людей, работающих в тяжелых условиях, а роботы, несомненно, помогут решить эту проблему.

– Насколько важен для специалиста в этой области системный подход к делу? Как это качество формируется у вас?

– Я считаю, что к каждому делу надо подходить с холодным расчетом и четко составленным планом. Любой проект требует осмысления поставленных задач и формирования последовательности в работе. Роботы – это сложные многоструктурные изделия, которые требуют проработки самых мелких деталей. Без этого система просто не будет работать.

– Можно ли назвать учителей, лидеров, которые повлияли на ваш рост как специалиста?

– Первым моим учителем в инженерной области, наверное, можно назвать отца. Именно он зародил во мне любовь к механизмам и железкам. Сейчас каждый преподаватель кафедры для меня является и учителем, и лидером – ведь они дают необходимые знания, которые, конечно же, помогают решать реальные задачи.

– Расскажите о практических занятиях робототехникой в Бауманке. О проектах, соревнованиях. Что это дает для развития профессиональных навыков и интересов?

– Бауманка – это про большую роль практики! Даже трудно сказать, что стоит именно на первом месте: теория или опыт? В робототехнике без этих двух основ невозможно обойтись. На СМ-7 проводится большое число лабораторных работ, есть лаборатории, где мы изучаем и даже управляем реальными автоматическими и робототехническими системами.

Кроме того, я принимаю активное участие в организации и проведении таких инженерных соревнований, как хакатон «Инженерный вызов». Суть этого мероприятия состоит в разработке прототипов робототехнических устройств, решающих реально существующие задачи в сфере создания автоматических систем из предложенного организаторами комплекта электроники и расходных материалов. Один из ключевых векторов таких инженерных соревнований – развитие креативных навыков путем решения нестандартных задач. На хакатоне мне доводилось выполнять роль и технического эксперта, что помогло увидеть новые грани робототехники, сделать для себя полезные заметки некоторых технических решений.

Сейчас принимаю участие в соревнованиях «Кибердром 2022». Эти соревнования заключаются в пилотировании и программировании БПЛА (беспилотные летательные аппараты). Наша команда уже прошла в ¼ финала соревнований. Для меня дроны – это абсолютно новая область. Обучаться и получать новые навыки приходится непосредственно во время прохождения туров.

– Как относитесь к ошибкам и поражениям? Был ли такой опыт?

– На этот вопрос можно легко ответить цитатой от великого Альберта Эйнштейна: «Кто никогда не совершал ошибок, тот никогда не пробовал что-то новое». К ошибкам и поражениям я отношусь спокойно, главное сделать нужные выводы и следовать дальше по намеченному пути. Однажды на школьной олимпиаде мне не хватило сотых балла до победы, но именно это поражение дало важный толчок и мотивацию. В итоге в последующие три года призовые места были в моем кармане.

– Как вы видите свою жизнь после окончания Университета? Где было бы интересно работать?

– Как и многие студенты, после выпуска я хотел бы найти любимую работу, конечно же, в сфере робототехники. В будущем я вижу себя инженером в крупной компании, но, вероятно, не смогу забыть про общественную деятельность – однозначно буду работать на благо людей.

– Какие задачи сегодня захватывают ваше воображение?

– В первую очередь это беспилотный транспорт, который смог бы существенно сократить число аварий. Эта тема актуальна с самого зарождения транспорта. После участия в «Кибердроме» у меня появилось много идей по применению дронов как в повседневной жизни людей, так и для решения специальных задач.

– Чем для вас интересно участие в программе «Приоритет» по треку «Робототехника»?

– Участие в этой программе открывает новые горизонты не только для моего развития, но и для последующих поколений робототехников. Государственная поддержка однозначно дает доступ к новым технологическим базам и знаниям, позволяет создавать новые НОЦы, студенческие объединения, проводить новые мероприятия и соревнования. Лично я с нетерпением жду открытия нового робототехнического центра в строящемся кампусе.

– За что вы благодарны МГТУ?

– Я благодарен родному вузу за людей, с которыми меня связали студенческие годы. Сейчас они играют большую роль в моей жизни. Бауманка мне показала, что настоящий инженер должен быть разносторонней личностью, должен не только считать и вычислять, но и взаимодействовать с другими специалистами, уметь представлять плоды своей работы. Ну и конечно МГТУ научил меня учиться, преодолевать трудности и идти к своей заветной цели.

«ВЫ НЕ ПРЕДСТАВЛЯЕТЕ, НАСКОЛЬКО ИНТЕРЕСНО ЧТО-ТО ПРОЕКТИРОВАТЬ!»



Илья Костенков

студент
кафедры СМ-10

Галина Герасимова

– Илья, расскажите, что стало для вас определяющим при выборе профессии? Чем интересно для вас робототехника?

– При поступлении в МГТУ им. Н.Э. Баумана я делал выбор между кафедрами СМ-7 и СМ-10. К тому моменту я уже четыре года создавал проекты в сфере робототехники в областях космонавтики и медицины. Однако в выпускной год меня очень сильно заинтересовала тема гражданского автомобилестроения. Все дело в том, что сегодня наша страна занимает лидирующие позиции в области космонавтики и медицины. А вот подавляющее большинство транспорта на дорогах – иномарки. Колесная техника – это крупнейший и перспективнейший кластер, в котором я себя вижу в будущем. А касательно робототехники – это моя кисть: инструмент, с помощью которого могу реализовывать самые смелые идеи.

– Насколько важен для специалиста в этой области техники системный подход к делу?

– Понять всю значимость системного подхода можно только став инженером. Или учась в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Университетская жизнь, те проекты, которыми занимаюсь сейчас, показали, что без продуманного планирования реализовать что-либо, начиная от домашнего задания, заканчивая инженерной разработкой, невозможно. Все дело во времени. У любого студента жизнь настолько насыщена, столько важного происходит ежедневно, что оставлять что-то на завтра нельзя.

– Можно ли назвать учителей, лидеров, которые повлияли на ваш рост? В чем состояла их роль?

– Навсегда запомнился мой первый учитель физики. С первых же уроков. Благодаря его педагогическому и человеческому таланту, физика и инженерия заняли очень важное место в моей жизни. Потом появились проекты, стартапы, международные чемпионаты. Но все началось именно тогда – в седьмом классе. Физика раскрыла необъятные просторы Вселенной. Не менее важными людьми для меня стали и преподаватели

на СМ-10. Вы не представляете, насколько это интересно, что-то проектировать, рассчитывать. Я понимаю, что это эмоции, но именно это восхищение мне подарили преподаватели кафедры СМ-10.

– Как вы относитесь к случаям, способным изменить вашу жизнь?

– Все в мире не случайно. Это не какая-то фраза, а истина. В моей жизни было множество совпадений, изменивших мою жизнь и ставшими теми самыми направляющими, по которым я сейчас иду вперед. Безусловно, огромную роль играет и опыт, полученный на проектных сменах, которые проводил Уральский федеральный университет. Еще в 2017 году я абсолютно случайно попал на это мероприятие. В течение трех недель под эгидой ведущих специалистов АО «Научно-производственное объединение автоматики имени академика Н.А. Семихатова», я создавал свой первый в жизни настоящий проект. С того времени постоянно нахожусь в атмосфере новых проектов, конкурсов, стартапов. А это десятки новых идей и знакомств.

– Расскажите о практических занятиях робототехникой в Бауманке. О проектах, соревнованиях. Что это дает для развития профессиональных навыков и интересов?

– Сейчас я с командой МГТУ им. Н. Э. Баумана участвую в конкурсе «КиберДром 2022». Это отличная возможность погрузиться в сферу беспилотных летательных аппаратов и искусственного интеллекта. И до этого события доводилось участвовать в различных хакатонах, посвященных беспилотным летательным аппаратам, но за эти полгода я получил по-настоящему огромный опыт в этой сфере. Почему это так важно? Все дело в том, что любое направление инженерии, будь то электрокары или космические аппараты, очень тесно связаны между собой. Я считаю главным преимуществом МГТУ им. Н.Э. Баумана то, что деятельность Университета позволяет попробовать себя везде и стать перво-классным специалистом, обладающим широким кругозором.

– Как относитесь к ошибкам и поражениям? Был ли такой опыт?

– Разумеется, не ошибается тот, кто ничего не делает. Считаю своей главной ошибкой мою непунктуальность. Я отношусь к той категории людей, которые все сдают в последний момент. Однако сейчас я понимаю насколько это ужасно – остаться с кучей долгов к концу семестра. Вывод простой: если хочешь быть везде, если хочешь быть успешным, нужно быть пунктуальным. Я думаю, что это отличный и очень важный урок, который мне преподал Университет.

– Как видите свою жизнь после окончания вуза? Где было бы интересно работать?

– Очень хотелось бы поработать на действующем автомобильном предприятии инженером. В нашей стране огромный потенциал, чтобы создать что-то новое в сфере автомобилестроения. А самое главное – огромная потребность. Я очень хочу посвятить свою жизнь развитию этой индустрии.

– Чем для вас интересно участие в программе «Приоритет» по треку «Робототехника»?

– Участие в программе «Приоритет» – это огромные возможности. Можно попробовать себя в чем-то новом, поучаствовать в разных мероприятиях, встретить тех людей, которые определяют мою будущую судьбу. 19-25 лет – время поиска, поиска себя. «Приоритет» – это программа, в которой у тебя есть уникальная возможность найти свое предназначение.

– За что вы благодарны МГТУ?

– До поступления в Университет я хотел стать частным предпринимателем, заниматься продажами. Это то, чему учиться не надо. Это не сложно, и деньги приносит. Однако это та сфера, где ты ничего нового не создаешь, просто продаешь готовый продукт другим людям. Именно МГТУ привил мне любовь к высшей науке. Я не хочу идти по легкому пути, хочу получить высшее образование, разрабатывать и создавать что-то новое и нужное. Самая главная заслуга Университета в том, что он помог найти свой путь.

АКВАТОР, JELLYFISH, ICEBERG, КУСТО, SeveROV



Учебно-научный молодежный центр (УНМЦ) «Гидронавтика» хорошо известен в МГТУ им. Н.Э. Баумана. За без малого 12 лет, прошедших с момента основания Центра, через него прошло немало студентов Университета. Впрочем, не просто «прошло». За это время ребята разработали несколько уникальных подводных аппаратов, участвовали во многих международных и российских соревнованиях, завоевали немало призов.

Елена Емельянова

Мы переориентировались

Первое, что начали делать студенты-инженеры, когда УНМЦ «Гидронавтика» только зародился, – приступили к разработке непосредственно самой конструкции телеуправляемых обитаемых подводных аппаратов (ТНПА). Ведь готовых элементов тогда еще не было. То есть, перед студентами стояла суперзадача – с нуля разработать абсолютно все.

Сроки создания такого аппарата были жесткие. Всего за один учебный год команда студентов должна была успеть разработать ТНПА для участия в международных соревнованиях Marine Advanced Technology Education (MATE). Это достаточно сложно, но раз за разом наши ребята с задачей успешно справлялись.

– Принципиально важно то, что сами соревнования MATE и участие в них – не самоцель, – говорит Екатерина Гаврилина, научный сотрудник кафедры СМ-11. – Это средство подготовки специалистов в области морской индустрии – в соревнованиях принимают участие команды ведущих университетов мира, готовящих инженеров в области робототехники.

С 2019 года соревнования по подводной робототехнике изменились. Дело в том, что на рынке во множестве появились готовые комплектующие. Сегодня отдельные узлы можно просто купить, проблема разработки конструкции отпала.

– Да, это так. Именно поэтому наш Центр переориентировался, – комментирует Екатерина. – Мы стали больше заниматься наукоемкими задачами: системами технического зрения, распознаванием образов под водой, разработкой сложных навигационных систем, систем управления и др. Сегодня ребята направляют основные интеллектуальные усилия на разработку новых алгоритмов и на программирование. В результате этой работы команда нашего Центра впервые приняла участие в соревнованиях по автономной подводной робототехнике и заняла четвертое место среди более чем 60 команд из 17 стран (Китая, Японии, Индии и т. д.).

Ковид-19 приостановил соревновательное движение. Однако к счастью, в конце 2018 года мы уже стали задумываться о том, чтобы расширить направления деятельности УНМЦ и помимо участия в соревнованиях создавать коммерчески-ориентированные разработки. Бывший капитан бауманской команды выиграл грант УМНИК на разработку подводного аппарата повышенной маневренности. Во время всеобщего карантина участники Центра разрабатывали конструкцию и устройства нового аппарата.

В 2021 году разработка была доведена до изготовления опытного образца и успешно прошла бассейновые испытания. Подводный аппарат мы единогласно решили назвать Северов (SeveROV). В честь основателя нашего Центра – Станислава Павловича Северова, – говорит Екатерина Гаврилина. – Наш SeveROV – аппарат повышенной маневренности. Он управляем по всем

степеням свободы. Студенты использовали оригинальный подход к проектированию аккумуляторных отсеков – питание размещено непосредственно на аппарате. Вместо громоздкого пульта управления (а он был как огромный чемодан) – у ребят теперь очки и джойстик. Поскольку аппарат высокоманевренный, то управление им имеет некоторые особенности. Поэтому для него написали и специальную программу.

Международные соревнования – мощный стимул

Когда карантин закончился, а международные соревнования все еще были закрыты, Россия презентовала отечественные состязания – Астраханский кубок, Кубок России по ТПА (телеуправляемые подводные аппараты).

– За это время у нас сформировался совершенно новый коллектив. Капитаном этой команды стал Дмитрий Затекин. Ребята поехали на соревнования в Астрахань с подводным аппаратом «Кусто» и заняли там первое место, – говорит Екатерина.

Участие в отечественных соревнованиях открыло для гидронавтов новые возможности. Во-первых, стоимость поездки позволяет командировать на соревнования многих участников НОЦ. Во-вторых, в соревнованиях принимают участие не только молодежные робототехнические центры, но и эксплуатанты подводной техники: археологи, океанологи, нефтедобытчики. Общение с ними позволяет узнать об актуальных проблемах подводников из первых рук, а рассказы об экспедициях и истории с испытаний подпитывают еще больший интерес к теме. В третьих, не все молодежные центры имеют возможность принять участие в международных соревнованиях, а в результате на Кубке России новое поколение разработчиков знакомится между собой.

Однако участие только в отечественных соревнованиях не самая сильная мотивация к тому, чтобы проектировать что-то сверхновое, необычное, совершенное.



Станислав Северов

был профессором кафедры «Подводные роботы и аппараты» (СМ-11).

Основной акцент он делал на достижении практических результатов в виде реальных экспериментальных и опытных образцов подводной техники. Особо важную роль Станислав Павлович сыграл как организатор научно-исследовательских и опытно – конструкторских работ. Благодаря его личной настойчивости в декабре 2010 года был основан Учебно-научный молодежный центр (УНМЦ) «Гидронавтика», для внедрения в учебный процесс проектно-конкурентного подхода к инженерному образованию.

Основной деятельностью УНМЦ стала разработка студенческими инженерными коллективами телеуправляемых обитаемых подводных аппаратов (ТНПА). Команда «Гидронавтики» регулярно участвовала в престижных международных соревнованиях по подводной робототехнике, где, как правило, завоевывала призовые места.

УНМЦ «Гидронавтика» сотрудничает с компаниями-производителями подводной техники, такими как: АО «Тетис Про», HYDROBOT-X, ROVBUILDER, ООО «Подводная робототехника» и другими.

ТНПА
– это роботизированная подвижная платформа, обеспечивающая маневрирование в толще воды и несущая навесное инструментальное и измерительное оборудование. ТНПА связан с оператором на поверхности с помощью кабель-троса, через который на аппарат поступают сигналы управления и электропитание, а обратно передаются показания датчиков и видеосигналы.



Команда студентов Учебно-научного молодежного центра «Гидронавтика» заняла второе место в The Singapore Autonomous Underwater Vehicle Challenge в сентябре этого года. Ребята привезли в Сингапур свою последнюю разработку – телеуправляемый необитаемый подводный аппарат «Кусто-III». В соревнованиях принимали участие 90 команд из ведущих технических университетов со всего мира.

С аналогичной проблемой столкнулись, в том числе, и сингапурцы. Они хотели популяризовать разработку автономных подводных аппаратов и стали проводить соревнования среди своих команд. Однако студенческие лаборатории не проявили ожидаемого энтузиазма.

Тогда организаторы сменили статус соревнований на международный, что оказалось достаточно сильной мотивацией для студентов. В результате в Сингапуре начался бум в развитии подводной робототехники.

В этом году для участия в соревнованиях подали заявку более 90 команд. Строгий отборочный этап уже состоялся. Бауманцы сняли видео, продемонстрировали разработанный ими аппарат: он прошел конкурс, и его участие в соревнованиях было одобрено.

Есть куда стремиться

Екатерина Гаврилина:

– Мы решили, что надо смотреть шире: помимо соревновательной деятельности развиваем новые направления. Во-первых, участвуем в экспедициях совместно с организациями, которые занимаются океанологией, эксплуатацией подводных аппаратов. Во-вторых, мы хотим создавать коммерчески-ориентированные проекты. Один из них – аппарат SeveROV. У участников Центра есть и другие разработки, которые мы хотим сделать стартапами. Тогда студенты смогут наработать такой задел, что, окончив Университет, смогут создать свое предприятие.

А еще мы серьезно занимаемся образовательным направлением. Мы и раньше участвовали в большом числе выставок, конференций, организовывали мастер-классы для школьников и студентов. Это, можно сказать, непрерывный процесс.

Сегодня он может обогатиться еще одним направлением. У одной из участниц Центра есть свой проект – разработка конструктора для надводной робототехники. Мы хотим развивать свои образовательные технологии, создавать свои курсы и даже, может быть, проводить Летние школы. Это для тех ребят, у которых есть желание заниматься обучением других. Для этого мы тоже предоставляем возможности в своем Центре.

Научное направление?

Участие в соревнованиях стимулирует развитие наукоемких разработок. В Центр приходит все больше ребят, которым интересно не только участие в соревнованиях, но и само проведение исследований. Для некоторых гораздо большей ценностью является создание крутого алгоритма, написание статьи в рейтинговый журнал. Это новые цели и востребованное направление. Некоторые ребята очень хотят участвовать в НИРах. Например, на данный момент участники Центра вовлечены в две научные работы, которые проводятся в рамках программы «Приоритет 2030»: «Разработка системы управления для подводного аппарата повышенной маневренности» и «Разработка агентов подводной мультиагентной системы». Это интересные для них направления и основные задачи на сегодня.

НИР по мультиагентной системе?

Если возникла задача поиска затонувшего объекта под водой, то, как правило, подводный аппарат, оборудованный гидроакустическими средствами поиска, последовательно, галсами проходит зону поиска. А это может занимать продолжительное время. Если запустить группу аппаратов (агентов), то они смогут справиться с этой задачей гораздо быстрее. Группа агентов может организовать и сенсорную сеть на дне акватории, и предоставить совершенно новые возможности для экологического мониторинга и океанологических исследований.

Однако при этом встает множество вопросов. Например, о том, как организовать коммуникацию между отдельными агентами, чтобы они смогли самостоятельно прийти к консенсусу при решении поставленных задач, в какой форме они могут передавать друг другу информацию о распознанных объектах и т. п.

Данное направление очень популярно и активно развивается. Однако большинство научных групп применяют свои алгоритмы на математических моделях. Лишь единичные лаборатории апробируют свои алгоритмы на реаль-

ных подводных аппаратах. Это связано со сложностью решения задачи обмена информацией агентов под водой, а также реализацией системы навигации.

Сегодня в МГТУ им. Н.Э. Баумана (под руководством Кирилла Комарова) создается направление для решения данной задачи, которое поставило перед Центром амбициозную задачу – разработать прототипы подводных аппаратов для отработки алгоритмов мультиагентных систем. Участники Центра с энтузиазмом приняли участие в НИРе – на данный момент они прорабатывают концепцию агентов.

НИР по системе управления?

Другой пример – разработка системы управления. Традиционно подводные аппараты управляемы при малых углах наклона. Однако появляются задачи, для которых требуется повышенная маневренность. Например, подводный аппарат-резидент, который должен регулярно проводить осмотр манифолдов подводной буровой установки, должен иметь возможность маневрировать в условиях ограниченного пространства, «подлезать» под конструкцию и проводить осмотр донных частей.

Еще один пример – это подводный аппарат для проведения дефектоскопии корпуса судна, который должен совершать пространственные развороты, чтобы пристыковаться к корпусу судна.

– В рамках своей диссертационной работы, – рассказывает Екатерина Гаврилина, – я разработала методику синтеза системы управления для аппаратов такого класса. Методика была представлена на международных конференциях, проверена на моделях, однако не была апробирована на практике. С группой студентов мы планируем в этой НИР провести экспериментальные исследования и получить практико-ориентированную методику синтеза таких систем. В результате участники Центра получат опыт проведения исследований, а также дополнят свой аппарат системой управления, позволяющей свободно позиционировать аппарат в пространстве, что будет весьма мощным преимуществом на соревно-

ваниях, а также расширит возможности коммерческого применения аппарата SeveROV.

Кто и зачем

– Активно в работе Центра участвуют более 30 человек с разных факультетов МГТУ им. Н.Э. Баумана. Самые активные ребята берут на себя ответственные задачи. У нас настолько междисциплинарная работа, что таких задач хватает для всех – для тех, кто занимается системным управлением, кому нравится электроника, кому близко экономическое направление, дизайн, пиар и все, что угодно. У всех есть возможность себя попробовать и реализовать. Главное – хотеть сделать что-то реальное, – говорит капитан команды гидронавтов-бауманцев Дмитрий Затекин.

Сегодняшняя жизнь действительно стала гораздо жестче, конкретнее, требовательнее. Вот и ребятам, приходящим в Центр, важно понять – для

чего нужны эти подводные аппараты. А нужны они не только для соревнований. С их помощью можно (и нужно) решать (и решить) самые актуальные, непосредственно-практические задачи.

– Мы не рассуждаем о полезности, а делаем конкретные шаги, – продолжает Дмитрий. – Прежде всего, общаемся с эксплуатантами: дайверами, океанологами, то есть с теми, кто пользуется такой техникой. У нас есть предложения по проведению подводных работ по осмотру судов, проведению дефектоскопии, например. По этим направлениям у нас есть серьезные заделы. Поэтому мы смотрим, на что с большим энтузиазмом откликнутся студенты – будем активно развивать именно эти направления.

В Центре занимаются не только соревновательными и коммерческими разработками, но и научными. Решают эксплуатационные задачи. Продвигают образовательные технологии. И это не просто слова и декларации. Есть и реальные примеры.

Плюхнулись в плюм

– Я, например, участвовал в экспедиции Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, – рассказывает Дмитрий Затекин. – Там есть подразделение, которое занимается исследованием речных плюмов – разливов смешанной воды там, где горная река впадает в море. По весне река выносит в море массу грязи. Если посмотреть со спутника, то можно увидеть огромное коричневое пятно. Океанологи исследовали структуру этого плюма. В основном – его границу. Эта граница на удивление очень четкая – с одной стороны чистая морская вода, с другой – плюм. Наш аппарат должен был подплыть снизу и с помощью камеры зафиксировать границу, оценить ее толщину, посмотреть структуру в динамике. Мы подплывали в лодке к границе и опускали аппарат.

У него, кроме основной бортовой камеры, есть три дополнительных цифровых камеры высокого разрешения. Честно говоря, особо серьезных результатов



мы не получили, слишком сложная задача. Но ученые нам сказали: «До этого момента никто не видел структуру плюма в подводной части. Нет научных статей, где есть обзор этой структуры. То есть эта часть до вас была совсем не исследована». Мы помогли установить, что по структуре плюм похож на облака, что его толщина всего 1-2 метра, а под ним – чистая вода. Это новые знания. И получены они гидронавтами Университета.

Другой пример

Весной 2022 года наша команда (вместе с аппаратом SeveROV) совершила экспедицию в город Волгоград на реку Волга. Перед ребятами была поставлена экспериментальная задача по осмотру подводной части причала. А именно – визуальный контроль подводной части свай.

В результате осмотра около пяти свай мы убедились, что они в хорошем состоянии и пригодны к эксплуатации. Пообщавшись с экспертами в области подводно-технических работ, вновь убедились, что использование подводных аппаратов является наиболее эффективным решением подобных задач, поскольку это безопасно для человека, быстро и дешево.

Кроме того, с помощью дрона была построена 3D-модель местности вокруг причала и самого причала.

«Марлин» – мощное достижение

Студенческие разработки, международные соревнования и призовые места в них не проходят даром.

В «Гидронавтике» справедливо гордятся одной из окончивших школу УНМЦ команд, все члены которой стали основателями компании «Тетис Про».

Эти «выпускники» нашего Центра разработали телеуправляемый необитаемый подводный аппарат (ТНПА) «Марлин-350». Сегодня их аппарат изготавливается серийно. Он получился удачный – очень нравится и военным, и другим силовым ведомствам. Они проводят соревнования по робототехнике «Аквароботех». По сути, эти соревнования позволяют понять то, какое силовое ведомство лучше управляет аппаратом «Марлин». То есть это соревнования не между подводными аппаратами, которые разработали разные организации, а между «Марлинами». Они, можно сказать, – стандарт отрасли. А это – мощное достижение.



Телеуправляемый необитаемый подводный аппарат (ТНПА) «Марлин-350»

предназначен для проведения поиска подводных объектов и выполнения подводно-технических, поисковых, осмотровых и аварийно-спасательных работ в прибрежных или внутренних водах на глубинах до 350 метров.

«Марлин-350» обеспечивает:

- Обнаружение подводных объектов с помощью гидролокатора кругового обзора.
- Обследование подводных объектов с помощью цветной видеокамеры.
- Документирование информации с видеокамер и гидролокатора.
- Проведение подводно-технических работ с помощью манипулятора.
- Работу вне оборудованных зон побережья и с причальных стенок.
- Работу с кораблей, катеров, судов, неспециализированных самоходных и несамоходных морских носителей, находящихся в дрейфе или на стопе.



ИНЖЕНЕР

