

# ВЕСТНИК АТОМПРОМА

№3 | апрель | 2023

*Главная тема*

## **Ветроэнергетика**

*Технологии, стратегия развития,  
перспективы роста в стране и в мире*

*В номере*

Взгляд из космоса **30**

---

Как учат атомщиков **36**

---

Исследовать, не разрушая **46**

---



# Уважаемые читатели!

Ветер — один из крупнейших возобновляемых источников энергии. Доля ветрогенерации в энергобалансе многих стран в последние несколько лет увеличивается рекордными темпами в связи с переводом энергетических систем и промышленности с ископаемого топлива на ВИЭ для достижения заявленных целей декарбонизации. Главная тема номера рассказывает о ветроэнергетических технологиях, знакомит с современным состоянием ветроиндустрии в России и в мире, а также с дальнейшими перспективами этого направления зеленого энергоперехода и объясняет, какова роль предприятий Росатома в развитии ветроэнергетики.

Также читайте материалы о системе подготовки специалистов для зарубежных и российских АЭС, о методах неразрушающего контроля для проверки качества изделий для атомной отрасли и о перспективном методе лечения онкологических заболеваний — протонной флэш-терапии.

В апреле наша страна отмечает День космонавтики, с гордостью вспоминая о том, что именно советские ученые и инженеры были первопроходцами в покорении космического пространства. К этой дате мы приурочили рассказ о том, какие задачи для освоения космоса сегодня решает МОКБ «Марс», входящее в структуру Росатома.

**ВЕСТНИК  
АТОМПРОМА**

№ 3, апрель 2023 года

Информационно-аналитическое издание

Фото на обложке  
АО «НоваяВинд»

**Главный редактор**  
Юлия Долгова

**Выпускающий редактор**  
Ольга Еременко

**Дизайн и верстка**  
Анна Бабич, Валерий Балдин

**Корректор**  
Алина Бомбенкова

**Учредитель, издатель и редакция**  
Общество с ограниченной ответственностью «НВМ-пресс»

**Адрес редакции**  
129110 Москва,  
ул. Гиляровского, д. 57, с. 4

**Отдел распространения и рекламы**  
Татьяна Сазонова  
sazonova@strana-rosatom.ru  
+7 (495) 626-24-74

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации СМИ  
ПИ №ФС77-59582  
от 10 октября 2014 года

Тираж 2000 экземпляров.  
Цена свободная.  
Подписано в печать: 17.04.2023

При перепечатке ссылка на «Вестник Атомпрома» обязательна. Рукописи не рецензируются и не возвращаются

Суждения и выводы авторов материалов, публикуемых в «Вестнике Атомпрома», могут не совпадать с точкой зрения редакции

Журнал отпечатан:  
ООО «АртФормат»  
115477, г. Москва, ул. Кантемировская, д. 65.  
Тел.: +7 (495) 504-88-16  
№ заказа: Аф-003/23.

## Содержание

Главная тема	КОРОТКО	<b>Куда дует ветер</b> <b>4</b>	Космос	<b>Спутники на связи</b> <b>30</b> <i>Что МОКБ «Марс» создает для космических аппаратов</i>
	ПРЯМАЯ РЕЧЬ	<b>«Наши продукты — это зеленый киловатт-час и эффективное энергоснабжение»</b> <b>6</b> <i>Гендиректор АО «НоваяВинд» Григорий Назаров — о новых вызовах и ближайших задачах, стоящих перед компанией</i>	Обучение персонала	<b>«Учиться в России — это престижно»</b> <b>36</b> <i>Теория и практика: как обучают специалистов для работы на зарубежных АЭС, которые строит Росатом</i>
НАГЛЯДНО	АТОМНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ	<b>Энергия ветра: как это работает</b> <b>14</b> <i>Ветроэнергетические установки в цифрах и фактах</i>	Технологии	<b>Моделирование по полной программе</b> <b>42</b> <i>Студенты КГЭУ учатся моделировать физические процессы с помощью программных продуктов Росатома</i>
		<b>«Если мы хотим оставаться в мировом тренде, нужно развивать собственную ветроэнергетику»</b> <b>16</b> <i>Замдиректора Центра исследования устойчивого развития инфраструктуры НИУ ВШЭ Владимир Лихачев — о сложностях и перспективах развития российской ветроэнергетики</i>		<b>Проверить, не повреждая</b> <b>46</b> <i>Во ВНИИНМ разрабатывается и применяется уникальное оборудование для проверки качества сварных соединений различных изделий</i>
ЭТО ИНТЕРЕСНО	ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА	<b>Коммерческий ветер</b> <b>22</b> <i>Энергия из воздуха: история и современность</i>	ИЦАЭ	<b>Вспышка исцеления</b> <b>49</b> <i>Новый протонный циклотрон для лучевой терапии и проведения медико-биологических исследований разработан в ОИЯИ</i>
		<b>«Ветер, ветер, ты могуч!»</b> <b>26</b> <i>Рассказываем о современном состоянии мирового рынка ветроэнергетики, о его ближайших перспективах и направлениях развития</i>		<b>На крыльях ветра</b> <b>52</b> <i>Зеленая энергетика глазами филолога</i>
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОБЗОР	ОСОБОЕ МНЕНИЕ			<b>Мир как данные</b> <b>56</b> <i>Рассказываем, как мышление на основе больших данных трансформирует науку и экономику</i>

# Куда дует ветер



Энергетика — важнейший компонент социально-экономического развития и экономического роста. Глобальные инвестиции в технологии зеленого энергосектора (ВИЭ, электромобили, новые источники энергии, такие как водород) в 2022 году впервые достигли \$1,1 трлн, что сопоставимо с суммой, вложенной в производство ископаемого топлива. Возобновляемые источники, в числе которых энергия ветра, могут помочь снизить зависимость от ископаемого топлива и стоимость электроэнергии, а также остановить рост глобального потепления.

За последние три года ветроэнергетика в масштабах планеты совершила качественный скачок, став самым быстрорастущим сегментом ВИЭ: суммарная мировая установленная мощность ветрогенерации приближается к 1 ТВт, ожидается, что этот показатель удвоится всего за семь лет — к 2030 году. Наша страна пока выглядит на этом фоне достаточно скромно: по данным Российской ассоциации ветроиндустрии, суммарная мощность ветропарков России составляет 2,044 ГВт, однако за 2022 год выработка ВЭС на оптовом рынке электроэнергии увеличилась в 1,52 раза.

Росатом — один из лидеров ветроиндустрии в нашей стране. Выработка семи ВЭС АО «НоваВинд» (ветроэнергетического дивизиона госкорпорации) с момента их ввода в эксплуатацию составила более 4 млн МВт·ч. Материалы главной темы номера знакомят читателя с перспективами развития ветроэнергетики в стране и в мире и рассказывают, каков вклад компаний Росатома в эту деятельность.

Текст: Юлия Долгова  
 Фото: АО «НоваяВинд», газета «Страна Росатом» / Игорь Захаров

# «Наши продукты — это зеленый киловатт-час и эффективное энергоснабжение»

Гендиректор АО «НоваяВинд» Григорий Назаров — о новых вызовах и ближайших задачах, стоящих перед компанией



Для Росатома, технологического лидера в области безуглеродной генерации, развитие ветроэнергетики является важным элементом зеленого портфеля. За реализацию стратегии госкорпорации в этом направлении отвечает компания «НоваяВинд», основанная в 2017 году. Генеральный директор АО «НоваяВинд» Григорий Назаров рассказал «Вестнику атомпрома» о том, как компания работает в новых условиях, какие преимущества имеет применяемая конфигурация ветроустановок, как планы по строительству ветропарков связаны с экономическим развитием российских регионов и каким видится будущее мировой ветроэнергетики.

## Вызовы новой реальности

— Прошедший год был нелегким. Расскажите, как дивизиону удалось справиться с трудностями, все ли планы выполнены, какие достижения можно отметить?

— В 2022 году шесть ветроэлектростанций компании «НоваяВинд» в Адыгее, Ставропольском крае и Ростовской области, которые вводились в эксплуатацию начиная с 2020 года и имеют суммарную мощность 720 МВт, отработали в полном объеме. Мы выполнили план по выручке: она составила порядка 20 млрд рублей. То есть первый рубеж, эксплуатационный, мы удержали, хотя это было непросто.

Второй рубеж — это стройка. Наш портфель заказов до 2027 года составляет 1,7 ГВт. Ранее планировалось, что уже в 2022-м мы дойдем до 1 ГВт, но по понятным причинам цепочки поставок пострадали, поэтому сроки строительства пришлось переносить. В прошлом году мы ввели одну станцию из трех запланированных, но тем не менее мы это сделали, и с 1 января текущего года Берестовская ВЭС дает еще 60 МВт к нашей общей мощности. Главное, что наши проекты и инвестиционные решения не были

остановлены: продолжался монтаж оборудования, открыты новые стройплощадки, в середине прошлого года компания «НоваяВинд» осуществила плановые инвестиции в строительство, составившие десятки миллиардов рублей.

Сроки по строительной части мы сдвинули, но не критично. Если сравнивать нас с другими крупными компаниями на рынке российской ветроэнергетики, то стоит сказать о компании «Фортум». По состоянию на начало прошлого года она занимала первое место по сформированному портфелю, мы — второе. Она свои проекты законсервировала на два года, то есть приостановила деятельность по сооружению ветропарков. АО «НоваяВинд» сдвигу проектов осуществило в пределах 12 месяцев. В первом полугодии текущего года мы должны запустить две ВЭС — Кузьминскую и Труновскую — в Ставропольском крае, сейчас на площадках идет активная работа. Так что в этом году планируем добавить к выручке еще 6 млрд рублей.

Третий значимый итог — проведена внутренняя реструктуризация компании, мы стали вертикально интегрированным субъектом на рынке. На начало 2022 года мы работали в формате совместного предприятия, в котором компания «НоваяВинд» осуществляла управление на этапах строительства и эксплуатации, а закончили год с результатом, когда вся деятельность сконцентрирована непосредственно у нас, в российском блоке: это и закупки, и входной передел стройки, и производство, и эксплуатация, и поставка электроэнергии.

— Вы говорите, что эксплуатационный рубеж было трудно удержать. В чем именно заключались сложности?

— В конце апреля прошлого года ветроэнергетика попала под ограничения — как направление. С того момента мы живем в новых условиях. Технологии у нас локализованы, но мы используем машины, которые изначально были ориентированы на глобальную систему поставок, эксплуатации, сервиса, в том числе в части системы управления. Может казаться, что главное — это построить ветряки, потом они крутятся и сами вырабатывают электричество. На самом деле машине требуются техническое обслуживание, постоянный контроль и изменение настроек, запчасти, расходные материалы.

При этом надо учесть, что наша машина применяется преимущественно в России, в других странах установка именно такой конфигурации совсем немногочисленна — порядка 30 штук. Мы взяли технологию на ее старте, на взлете, поэтому опыт, полученный нами в прошлом году, — это, по сути, первая промышленная эксплуатация такой машины в большом масштабе, а не на уровне пилотных проектов. Начал срабатывать первый накопленный эффект работы и износа механизмов, стали проявляться «детские болячки» технологии и самой установки. Со всем этим компания «НоваяВинд» тоже смогла справиться: в течение года был проведен ряд ремонтов оборудования,

## Размещение ветроэнергетических станций АО «НоваяВинд»



сформирован дополнительный резервный фонд комплектующих, оборотных деталей.

## Плюсы технологии

— В чем заключаются особенности ваших машин? Эта конфигурация была разработана специально для России?

— Наша технология — как архитектура и базовое решение — это одно из двух принципиальных направлений развития большой мировой ветроэнергетики. В нашей конфигурации используются генераторы на постоянных магнитах, безредукторные, то есть без коробки передач. Как показала практика, это решение является конкурентоспособным в глобальном масштабе. В Европе оно получило развитие в рамках портфеля нашего технологического партнера, голландской компании Lagerwey. После нас эту технологию приобрел ведущий немецкий производитель ветрогенераторов — компания Enercon, они также взяли ее в разработку, выпустили на ней новое поколение машин. В Китае, где идет бурное развитие ветроэнергетики, насчитывается более 10 крупных производителей, часть из них также работает с безредукторной технологией.

— Почему было выбрано именно это технологическое решение, в чем Росатом увидел его преимущества?

— Один из факторов — готовность производителя передавать технологию: далеко не все согласны отдавать документацию, права на производство, само производство. Росатом ставил перед собой задачу получить технологию именно в полном объеме, в том числе право производить оборудование и поставлять его на внешние рынки. Выбор в качестве технологического партнера компании Lagerwey был оптимальным решением. Мы сделали ставку на определенный

сегмент в том числе и потому, что выбранная технология давала возможности для развития интеграции внутри российской атомной отрасли.

Безредукторная технология предполагает использование значительного количества постоянных магнитов, задача по производству которых решается в контуре Росатома, этим занимается топливный дивизион. Выбор такой технологии позволил сформировать стартовый заказ, в АО «ТВЭЛ» запущен соответствующий проект, теперь мы синхронно движемся вперед, набираем заказы, опираемся друг на друга с точки зрения поддержания темпов производства, темпов локализации. В результате АО «ТВЭЛ» и госкорпорация «Росатом» получают дополнительные возможности по применению постоянных магнитов в других сегментах рынка. Например, одно из перспективных направлений — двигатели для электротранспорта.

Важно было дать первоначальный импульс, который позволил запустить инвестпроект по локализации технологии. Разумеется, процесс идет итерациями, не все производства можно быстро создать с нуля. Это долгосрочный проект с существенными вложениями, с развертыванием нескольких переделов, включая развитие ресурсной базы, то есть со временем у нас должна сформироваться интеграция не только с топливным, но и с горнорудным дивизионом Росатома — АРМЗ. Сырьем для производства магнитов являются редкоземельные металлы, на стороне АРМЗ потребуются дополнительные инвестиции в их добычу и обогащение в соответствии с необходимыми нам объемами. Освоение этого передела еще предстоит.

### Локализация: стратегия и тактика

— Какова у вас сейчас степень локализации производства? Изменились ли целевые установки в новых условиях?

— У ветряка можно выделить пять основных элементов: лопасти, ступица (передает крутящий момент на ротор), генератор, гондола (где размещаются системы управления) и башня. Кстати, башня — это не просто труба, а достаточно сложное инженерное сооружение, внутри которого находятся инверторное оборудование, кабели, коммуникационные линии. Мы изначально сделали ставку на производство башни, гондолы, генератора и его компонентов.

В интегральной оценке Минпромторга, которая применяется в рамках программ государственной поддержки ВИЭ, учитываются добавленная стоимость, сложность технологии и другие параметры. Наш уровень локализации (вместе с работами по строительству) в метриках текущей госпрограммы, рассчитанной на период до 2024 года, на начало прошлого года составил 68%. В рамках второй госпрограммы, которая будет действовать до 2035 года, сначала ставилась цель выйти на уровень порядка 70% с возможностью достичь 80–90%. Сейчас это уже не просто возможность, а задача — выходить примерно на 90%,

то есть на уровень локализации производства всех основных элементов ветроустановки.

Первые вводы ветропарков по второй госпрограмме запланированы на 2025 год, к этому сроку мы должны собрать всю цепочку, которая будет обеспечивать уровень локализации более 80%. Эта задача нами решается уже сейчас, и решается с опережением. У нас есть машины, смонтированные в прошлом году, с показателем более 75%.

— Достижима ли стопроцентная локализация? Ставится ли такая цель?

— Здесь важно не обмануть самих себя в погоне за процентами. Ветрогенератор — это сложный, верхнеуровневый передел в машиностроении. В производстве ВЭУ используется много готовых компонентов, поэтому выстраивание и прослеживание всей цепочки поставок каждого из них — тоже сложная задача. Никто сейчас не ставит вопрос так, что все переделы, включая производство всех исходных материалов, должны быть локализованы. Экономически и стратегически обоснованная интеграция может и будет иметь место, потому что, помимо нашего стремления обеспечить наиболее защищенную цепочку поставок, мы на другой стороне имеем экономику проектов, экономику рынка электроэнергетики, а этот рынок работает, руководствуясь спросом.

Спрос промышленного потребителя формируется прежде всего с точки зрения энергобезопасности и надежности энергоснабжения, все привыкли к высокому, практически стопроцентному уровню надежности, это даже не принято обсуждать. Второй чувствительный параметр — цена, и потребители очень внимательно к нему относятся, несмотря на относительно низкий уровень цен на электроэнергию в России. Госпрограмма поддержки ВИЭ построена на конкурсной основе, она предполагает возможность прихода на рынок новых компаний. Мы конкурировали за портфель с весьма серьезными соперниками. Например, конкурс, который мы прошли в 2021 году, был в основном состязанием между Росатомом с одной стороны и финской энергокомпанией Fortum с технологическим партнером Vestas из Дании, который является глобальным лидером производства ветрогенераторов, с другой стороны. И мы разобрали тот портфель с результатом 50 на 50%. Так что конкуренция накладывает на нас значительные обязательства с точки зрения стоимости применяемого оборудования.

Поэтому приходится балансировать между надежностью цепочки снабжения и конечной стоимостью оборудования — и дилемма эта сложная, решения не очевидны. А локализация, особенно если мы говорим про мелкосерийное производство, зачастую дает объективное увеличение стоимости.

— Какие задачи по импортозамещению стоят перед дивизионом на ближайшее время? Есть ли уже примеры решенных кейсов?



— Важный компонент, который с опережением идет в промышленную эксплуатацию, — это АСУ ТП ветрогенератора. В середине прошлого года мы оказались перед фактом: необходимо его замещение. Задача решается, в текущем году мы планируем монтировать машины, которые будут укомплектованы системой управления, разработанной и собранной непосредственно в России, причем на новой компонентной базе.

Кроме того, мы перешли на отечественные крупногабаритные детали для генератора. В нашей машине они имеют четырехметровый диаметр и состоят из больших сварных элементов со сложной геометрией, при их изготовлении требуется высокая точность. Их производство было важным этапом в программе локализации, и мы вышли на этот передел ускоренными темпами. Два российских производителя за прошлый год уже подтвердили возможность производства и поставки данных деталей.

Фактически на текущий момент прорабатывается возможность производства в России всех существенных компонентов установки. Первоочередная задача на 2023 год — это пропиточные смолы, которые применяются при производстве генератора. Идет работа и по подшипникам, и по конверторам, и по электротехнике. По итогам формирования конкретных предложений с учетом стоимости будем принимать окончательные решения.

Завод по производству комплектующих ВЭУ в г. Волгодонске

— Вся эта работа ведется в периметре дивизиона? У вас есть свое конструкторское бюро, которое этим занимается?

— В компании сформирована конструкторская группа, которая разрабатывает все технические решения и оценивает возможность перехода на новые компоненты или аналоги существующих. Изначально модель локализации предполагала тесное сотрудничество с технологическим партнером. Задача выхода на самостоятельное управление технологией, включая ее доработку, рассматривалась, но на достаточно длительном временном горизонте. Конечно, это не та ситуация, в которую мы планировали попасть уже в 2022 году. Сейчас приходится с опережением наращивать соответствующую компетенцию.

### Выходить за границы

— Вы упоминали выше, что владение технологией также подразумевает возможность поставки оборудования на внешние рынки. Каковы сейчас перспективы в области международного сотрудничества?

— В 2022-м мы должны были выйти на первый проект за рубежом, но эти планы тоже немного сместились, перешли на текущий год. На сегодняшний день во Вьетнаме, где мы работаем совместно

с ЧУ «Русатом — Международная сеть», уже работают два представителя «на земле», это сотрудники, которые полностью вовлечены в проект «НоваВинда». Еще один регион, где мы вели работу в прошлом году, — Казakhstan. Третье направление, которое можно отметить, — это Турция: Росатом там планирует свою деятельность на десятилетия вперед, а рынок ВИЭ в этой стране достаточно динамичный. В Турции мы вместе с «Русатом Энерго Интернешнл» прорабатываем ряд потенциальных проектов.

Пока в части международной деятельности мы можем говорить именно о подготовке, проработке планов. На 2023 год задача «НоваВинда» — выйти на первый контракт на поставку электроэнергии за рубежом. Такой контракт может предполагать поставку в 2025–2026 годах, но его заключение должно стать важным рубежом, означающим, что мы приняли на себя обязательства, определили свое присутствие в регионе конкретным проектом. Есть варианты, где эта задача будет реализована, но основная наша ставка — Вьетнам.

**— Если вернуться в Россию: когда планируете выходить за границы уже освоенных вами южных регионов?**

— Сейчас мы можем сказать, что строительство ветропарков для «НоваВинда» — серийный процесс: подтвержденный темп ввода у нас составляет три-четыре ветропарка в год с суммарной мощностью 300–400 МВт. Каждый такой ветропарк — это масштабное поле ВЭУ, немалый эксплуатационный коллектив, значительные вложения в инфраструктуру, выстроенную вокруг объекта. Рассматривая строительство ВЭС внутри единой энергосистемы, мы ориентируемся на объемы этой системы. Поэтому на юге — в Ростовской области, в Ставрополье — мы говорим о целых кластерах ветропарков.

Изолированные зоны энергоснабжения, безусловно, также являются предметом нашего внимания, но там ситуация другая. Ветроэнергетика в таких зонах показывает хорошую экономическую эффективность с точки зрения замещения дизельной, а местами даже газовой генерации. Сахалин и Чукотка — это примеры регионов, где есть предпосылки для такого замещения.

На Сахалине выстроена достаточно большая энергосистема с хорошими в целом экономическими показателями. Но там драйвером является федеральный проект, в соответствии с которым Сахалин должен в 2024 году достичь углеродной нейтральности, эту задачу в текущих условиях никто не снимает, а развитие ветроэнергетики является одним из компонентов зеленой стратегии региона. «НоваВинд» сейчас заканчивает предварительный этап проекта — изыскание и оформление земельных участков. В ближайшее время, надеюсь, начнем ветроизмерение, измерительный комплекс уже находится на острове, по итогам исследования будет допроектирован небольшой ветропарк. На пилотном этапе мы говорим о мощности в несколько десятков мегаватт, а целевая доля ветрогенерации в перспективном балансе на Сахалине — до 200 МВт. Это зависит от того, каким промышленным проектам будет дан старт. Одним из определяющих факторов является планируемый к реализации проект по производству водорода, которым также занимается Росатом.

Проект на Чукотке выглядит пока гораздо скромнее. Там мы рассматриваем небольшой муниципальный район энергосистемы, в рамках которого говорим о 3–5 МВт ветрогенерации для замещения. В перспективном плане проект может достичь 20 МВт. Здесь ключевой вопрос — взаимодействие с добывающей компанией, которая ведет разработку в этом районе. Пока мы находимся на этапе договоренностей о структуре проекта.

В целом ветроэнергетические проекты в изолированных зонах обычно небольшие и очень специфические, каждый из них — это отдельная история, отдельная конфигурация, отдельная логистика. Здесь нет типового решения, все зависит от того, кто потребитель, с каким графиком и с какой стоимостью энергоснабжения. Сейчас в России в изолированных зонах насчитывается максимум полтора десятка промышленных проектов, для обеспечения которых

можно рассматривать возможности ветрогенерации. Это не очень крупный сегмент с достаточно жесткими требованиями, поэтому пока данное направление для нас, скорее, пилотное — идет этап проработки возможной конфигурации оборудования. Горизонт, когда это направление может приобрести более массовый характер, думаю, составляет около пяти лет.

**— Для холодных регионов понадобятся машины с другими конструктивными особенностями, отличные от тех, с которыми вы сейчас работаете?**

— Конечно, нужны соответствующие климату решения по материалам, по режимам, по инженерным системам внутри ветроустановки. Требования, которые предъявляет Чукотка или север Красноярского края, — это как минимум выживание оборудования при температуре –40 °С, а ряд потребителей говорит и о –60 °С. Но речь у нас идет не просто о выживании, а о возможности производства электроэнергии. Серийного оборудования промышленного масштаба, строго соответствующего данным требованиям (в частности, генераторов), сейчас в мире нет. Уровень, который считается экстремальным по паспортным характеристикам, составляет –40 °С, такое оборудование применяется, например, нашими китайскими коллегами во Внутренней Монголии. Переход на уровень –50...–60 °С — это уже специализированное решение, про которое любой производитель скажет, что необходима доработка машины.

Наша установка в Ставрополье хорошо себя показала при –20...–30 °С, то есть в некоторых российских регионах она сможет применяться в штатных режимах, но она точно не рассчитана на температурные условия Арктики. Перспективы работы в этом направлении зависят от того, какой будет объем заказов, какие планы по развитию регионов будут подтверждены. С учетом этого и будем двигаться дальше.

### Ветропарки: сложности и возможности

**— Ветропарк — это сложный объект с точки зрения эксплуатации, обслуживания, ремонта?**

— Любое обслуживание и ремонт установки, у которой основное оборудование находится на высоте ста метров, — сложная задача, требующая в том числе использования подъемной техники, при этом мы говорим о компонентах, которые, как генератор, весят десятки тонн. С другой стороны, ветроэнергетические технологии предполагают высокий уровень автономности, и среднее количество людей, задействованных в производстве условного мегаватта установленной мощности ветропарка,кратно меньше, чем в традиционной генерации. Так что хотя эксплуатация у нас и низкотрудоемкая, но сам процесс, безусловно, сложный, ведь мы говорим о промышленных энергоустановках: здесь и высокие требования по безопасности, и инженерно сложные задачи. Скорости, на которых работает наша

## «Строительство ветропарков для «НоваВинда» — серийный процесс: подтвержденный темп ввода у нас составляет три-четыре ветропарка в год с суммарной мощностью 300–400 МВт. Каждый ветропарк — это масштабное поле ВЭУ, немалый эксплуатационный коллектив, значительные вложения в инфраструктуру».

машина, не очень большие, 15–16 оборотов в минуту в штатном режиме, но это установка, в которой несколько тонн магнитов, мощность которой 2,5 МВт, на выходе — высокое напряжение, все это требует серьезных расчетов, специальной техники, качественной подготовки специалистов.

**— Собрана ли у вас уже какая-то статистика: как часто отдельный ветрогенератор выходит из строя, требует ремонта?**

— Средние показатели вывести трудно: например, у контроллера есть более тысячи вариантов, на которые он реагирует как на штатные ситуации. Хорошее понимание дает отраслевой показатель — коэффициент технической готовности. В среднем ветропарки должны быть готовы к выработке электроэнергии как минимум в 95% времени. Наши установки работают с еще более высоким уровнем — более 95% времени, а с новым оборудованием вполне реально достигать коэффициента 98%. В этом нам помогает распределенный характер ветрогенерации, то есть относительно небольшая единичная мощность. Если мы говорим о ремонте оборудования на АЭС, то будет остановлен весь блок мощностью 1000 МВт. В нашем случае 1000 МВт — это 400 установок, и даже если 10 из них одновременно находятся в ремонте, то на общие показатели такая ситуация мало влияет. Так что ветрогенерация — это очень надежное решение в силу единичной мощности, но, с другой стороны, надежность снижается ввиду зависимости от погоды. Разумеется, отсутствие или наличие ветра для нас определяет режим работы на все 100%.

**— Насколько предсказуем погодный фактор? Как его можно заложить в планы выработки?**

— Средняя по годам сила ветра имеет определенную цикличность, эти циклы достаточно длинные, сопоставимые с циклами солнечной активности, и годовые отклонения существенны. Но у нас на вооружении есть опыт многолетних измерений, сложный

### На фото

Медвеженская ВЭС в Ставропольском крае



## «Направление развития глобальной ветрогенерации — это повышение надежности энергоснабжения на базе ВИЭ, в результате ветропарки будут интегрироваться с системами накопления и с другими видами генерации и будут выдавать уже не относительно волатильный, а устойчивый график выработки электроэнергии».

математический аппарат, то, что называется Data Science — машинное обучение, большие данные. Все это применяется при планировании выработки, которое ведется не только в горизонте года, но и ежедневно — ветропарк 24 раза в сутки подает свой прогноз.

При формировании годовых планов мы, конечно, оперируем усредненными ожиданиями. Благодаря тому, что суммарная мощность у нас уже значительная, снижение выработки на одной ВЭС может компенсироваться увеличением на другой. В совокупности у нас достаточно высокая точность планирования: отклонение в правильности прогноза по выручке в прошлом году было в пределах 5%. А наше внутрисуточное планирование на рынке электроэнергии имеет среднее отклонение на уровне 10% от установленной мощности наших ВЭС.

— Цифровизация процессов помогает нивелировать капризы погоды?

— Да, в периметре дивизиона для этого разрабатывается ряд значимых цифровых решений. Первое касается системы управления как ветроустановкой, так и всем ветропарком. Данная работа ведется с нашими партнерами, но «НоваВинд» является заказчиком и владельцем этих технологий. Второй блок решений — система управления накопителями. «НоваВинд» на базе своего сбытового подразделения «Атомэнергопромсбыт» реализует проекты по установке накопителей для потребителей — для снижения стоимости электроэнергии. Для таких проектов разрабатывается система прогнозирования на базе машинного обучения — это автоматизированный комплекс, который внутрисуточно формирует почасовые графики, актуализируя работу накопителей.

Если смотреть вперед, то со временем объем накопленных данных по эксплуатации ветропарков приведет к формированию цифрового двойника ВЭУ — с большими возможностями по прогнозированию состояния оборудования, графика ремонтов, по переходу к ремонтам по состоянию. Сейчас мы

набираем такие данные и готовимся к их обработке и интеграции в систему управления.

Смотрим в будущее

— Что будет через 20 лет с ветропарками, которые вы строите сейчас?

— Будет продление срока эксплуатации. Реальный мировой опыт показывает, что срок службы оборудования ветрогенераторов, если оборудование надежное, может продлеваться до 40 лет. Мы ставим задачу эксплуатации наших ветропарков не менее 25 лет, но рассчитываем, что это не предел.

Когда-то, конечно, установки придется выводить из эксплуатации. Но ветропарки вполне вписываются в логику циклической экономики (или экономики замкнутого цикла, как ее еще называют). Каких-либо химически активных материалов в установке нет, практически 90% компонентов составляют металлы, а также электроника, все это неплохо утилизируется и рециклируется. Часто задают вопросы относительно лопастей, я думаю, со временем мы обязательно получим устойчивую промышленную технологию их глубокой переработки.

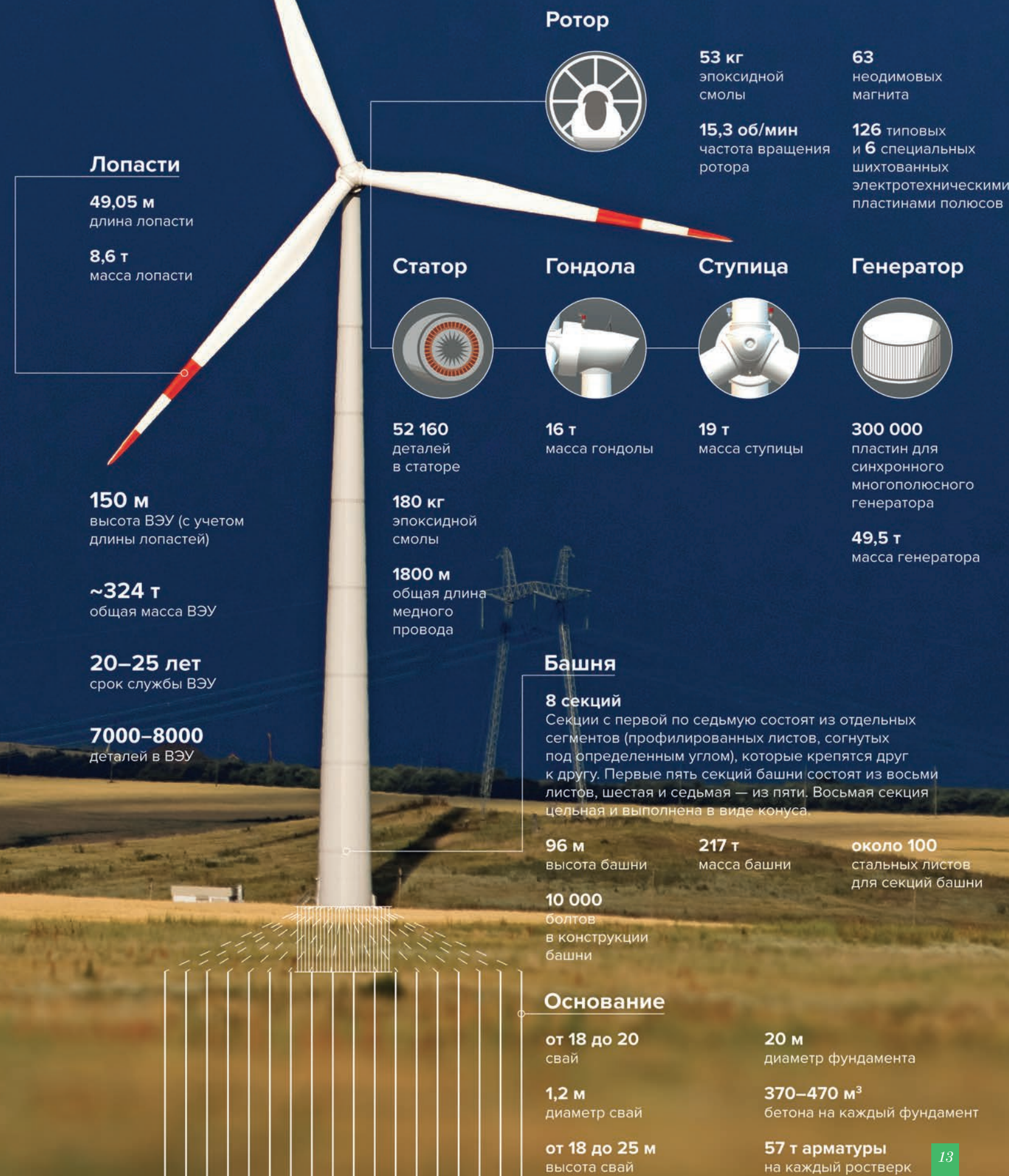
— Можно ли сегодня говорить о каких-то прорывных технологиях, которые в будущем позволят ветроэнергетике перейти на новую ступень?

— Эволюция технологии в том виде, в котором мы ее сейчас знаем, насчитывает порядка 30 лет, это зрелая стадия развития. Я не ожидаю, что на горизонте 10 лет мы увидим качественный скачок в отношении наземной генерации. Некоторое время еще будет идти наращивание единичной установленной мощности, то есть каждый отдельный ветряк будет становиться еще больше. Но с точки зрения коэффициента эффективности здесь уже достигнут определенный физический предел.

Кроме того, в той же Европе уже фактически нет земли, на которой можно было бы размещать новые ветропарки. Так что дальше развитие, скорее, будет двигаться в сторону моря. Морской ветер сильнее, стабильнее, направление предсказуемо. Размеры установок там меньше ограничены, что открывает возможности для повышения единичной мощности. Сейчас в море работают ВЭУ с башней высотой 200 метров, а вместе с лопастью в 100–120 метров — это уже больше половины Останкинской башни. Офшорный ветер в объемах установленной мощности ветрогенерации в мире составляет сегодня порядка 10%, это начальная стадия процесса, но он идет активно. И это первое направление развития глобальной ветрогенерации.

А второе — это повышение в целом надежности энергоснабжения на базе возобновляемых источников, в результате ветропарки будут интегрироваться с системами накопления и с другими видами генерации и будут выдавать уже не относительно волатильный, а устойчивый график выработки электроэнергии.

# Ветроэнергетическая установка в цифрах



# Энергия ветра: как это работает

Ветроэнергетическая установка (ВЭУ) преобразует энергию ветра в электрическую. Поток воздуха, обладающий кинетической энергией, проходит через ветроколесо, приводя его во вращение, которое передается на ротор генератора, вырабатывающего электроэнергию. Одно из преимуществ ветроэлектростанций — минимальные потери при передаче электроэнергии.

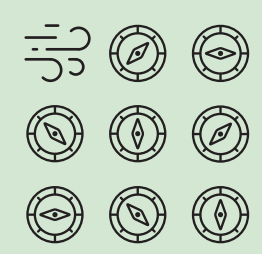
## 1. Ветроколесо

Превращает энергию ветра в энергию вращения оси турбины.

## 2. Синхронный многополюсный генератор

Вырабатывает электроэнергию с меняющимися частотой и напряжением. Постоянные магниты формируют магнитное поле, при вращении ротора в медных обмотках генератора возникает электрический ток.

## ВЭУ используют до 45–50% энергии ветра из воздушного потока



Установки конструируют с учетом непрерывного изменения метеорологических условий. Для максимального использования энергии воздушных потоков современные ВЭУ обладают системами ориентации на ветер и регулировки угла атаки лопасти.

Производство энергии с помощью ветра не сопровождается образованием отходов, а также выбросами в атмосферу вредных веществ и парниковых газов.

**2,5 МВт**  
электрическая мощность одной ветроустановки АО «НоваВинд»

**11,5–12 м/с**  
оптимальная скорость ветра, необходимая для эффективной работы ВЭУ

**120 ветротурбин**  
годовая мощность завода по производству ВЭУ в Волгодонске

**>13 000 домохозяйств**  
может обеспечить электроэнергией одна ВЭУ мощностью 2,5 МВт ежегодно

## Факторы, которые учитываются при выборе места для строительства ветропарка

- Ветровые ресурсы
- Климатические условия
- Возможность подключения к объектам сетевой инфраструктуры
- Транспортная доступность локации

## 3. Силовой преобразователь тока и частоты

Служит для формирования трехфазного напряжения промышленной частоты.

## 4. Трансформатор

Передает напряжение из преобразователя частоты в сеть.

## 5. ЛЭП

## 6. Потребитель



Текст: Милена Серкебаева  
 Фото: АО «НоваВинд», wikipedia.org, unsplash.com, из личного архива В. Лихачева

# «Если мы хотим оставаться в мировом тренде, нужно развивать собственную ветроэнергетику»

Замдиректора Центра исследования устойчивого развития инфраструктуры НИУ ВШЭ Владимир Лихачев — о сложностях и перспективах развития российской ветроиндустрии



**Экономические санкции стали для российской ветроэнергетики вызовом серьезным, но не фатальным. Часть игроков ушла, оставшиеся осваивают новые логистические маршруты поставок комплектующих и стремятся локализовать производство ключевых компонентов. Зачем богатой углеводородами России развивать собственную ветроэнергетику, почему это остается приоритетом, как государство стимулирует локализацию производства и каковы сейчас потенциальные каналы международного сотрудничества в отрасли, «Вестнику атомпрома» рассказал заместитель директора Центра исследования устойчивого развития инфраструктуры НИУ ВШЭ Владимир Лихачев.**

— Что изменилось в области ветроэнергетики после введения масштабных санкций против России?

— Впечатление такое, что события, которые произошли в феврале 2022 года, и последующее введение санкций против российской экономики способствовали возникновению достаточно серьезных сложностей в ТЭК. Не катастрофические для многих отраслей энергетического комплекса страны, практически не отразившиеся на функционировании электроэнергетики, для ветровой энергетики эти сложности стали довольно сильным ударом. В первую очередь речь

о мерах, включенных в пятый пакет санкций Евросоюза, то есть о запрете на поставки ветрогенераторов физическим и юридическим лицам в России или для их использования в РФ.

После этого запрета, а также ухода с российского рынка иностранных компаний, ориентированных на развитие ветроэнергетики, возникла проблема с тем, что во многом прекратилось производство оборудования для ветроустановок в России. Если говорить о конкретных событиях, то особо болезненным стал уход из России датской компании Vestas, у которой были предприятия в Ульяновской и Нижегородской областях. На их продукцию были ориентированы крупные российские проекты ветровой энергетики. Помимо этого, прекратили свою деятельность в России компании Enel и Fortum, которые также занимались развитием ветроэнергетики. Фактически сейчас на рынке РФ функционирует только одна крупная компания — структурное подразделение Росатома «НоваВинд», а действующим производством остался завод «НоваВинда» в Волгодонске, на котором производятся генераторы, гондолы, ступицы и системы охлаждения для ветроустановок. Там же в Волгодонске партнер «НоваВинда» — компания «ВетроСтройДеталь» — производит башни для ВЭУ.

— Ветроэнергетика в этом смысле пострадала сильнее других отраслей, связанных с ВИЭ?

— Да, например, на солнечную энергетику санкции оказали меньшее влияние. Там удалось локализовать производство необходимого оборудования и оформить все патенты, все лицензии на производство

солнечных батарей. В ветроэнергетике по ряду причин возможности формализовать отношения с производителями и поставщиками были упущены. В результате в России не сформировалось собственное целостное производство всех компонентов, которые необходимы для создания ветропарков. Производство значительного числа компонентов есть только у «НоваВинда» и его партнеров.

Тем не менее надо сказать, что эта ситуация не трагична. Да, ошибки были допущены, и сейчас, по сути, стоит задача создания на определенных условиях собственной ветроэнергетики, так сказать, ветроэнергетики российского происхождения. Задача включает в себя создание предприятий для производства генераторов, башен, гондол, лопастей и программного обеспечения с локализацией в России. Наши коллеги из Российской ассоциации ветроиндустрии весьма оптимистичны на этот счет. Уже в 2022 году начались реальные подвижки. В частности, следует учитывать, что у ряда российских компаний есть серьезные наработки по созданию компонентов для производства ветрогенераторов.

Например, композитный дивизион Росатома, компания «Юматекс», планирует производить в Ульяновской области лопасти для ветроустановок лидера нашей ветровой отрасли — «НоваВинда». О готовности приступить к разработке оборудования для ВЭС заявляют компании «Силовые машины» (в июне 2022 года гендиректор компании Александр Конохов сообщил, что «Силовые машины» наряду с производством оборудования для ГЭС, ТЭС и АЭС могут начать выпуск ветроустановок мощностью 4–6 МВт с глубокой степенью локализации. — Прим. ред.) и «Татнефть» (в апреле 2022-го компания подписала соглашение с российско-китайским консорциумом «Архитекторы ветра Урала» в лице челябинского ООО «Рэкоинвест» о сотрудничестве по созданию производства комплектов ветроустановок и строительстве ветроэнергетических станций с использованием оборудования и технологий китайской Harbin Electric Corporation Wind Power. — Прим. ред.).



Российская «дочка» итальянской компании Enel — «Энел Россия» — построила Азовскую ВЭС в Ростовской области мощностью 90 МВт и начала строить Кольскую ВЭС в Мурманской области. В октябре 2022 года Enel закрыла сделку по продаже своей доли в «Энел Россия» ПАО «Лукойл» и частному фонду «Газпромбанк — Фрезия», после чего российская энергокомпания была переименована в ПАО «ЭЛ5-Энерго».

Финский концерн Fortum через свою российскую «дочку» с 2018 года занимался развитием ВИЭ в России, в том числе в рамках совместного с «Роснано» фонда и сотрудничества с Российским фондом прямых инвестиций. Компания запустила ВЭС в Ульяновской, Ростовской, Астраханской, Волгоградской областях, Республике Калмыкия. В мае 2022 года Fortum объявила о поэтапном уходе с российского рынка, проекты строительства ветропарков суммарной мощностью 253,4 МВт в Волгоградской и Самарской областях были остановлены.

Кроме того, на нашем рынке есть и более мелкие, но не менее активные игроки, которые могут взяться за производство компонентов для ветроустановок. И, наконец, для нас не закрыты контакты по сотрудничеству в этой области с нашими партнерами за рубежом, например с Китаем — одним из лидеров в мировой ветроэнергетике.

**— Можно ли сказать, что сейчас на рынке ветроэнергетики в России сложилась монополия? Могут ли появиться конкуренты, что для этого должно произойти?**

— Полагаю, что в настоящее время некорректно говорить о существовании монополии на рынке ветроэнергетики в России в лице компании «НоваВинд»

На фото

Производство генераторов для ветроустановок на заводе в Волгодонске



**На фото**

АО «НоваВинд» строит Кузьминскую ВЭС в Ставропольском крае

только потому, что она осталась в одиночестве после ухода зарубежных компаний. Пока на рынке ничего не произошло — просто не прошло достаточно времени. Монополизм должен как-то проявиться.

Тем не менее я не исключаю, что со временем в России, в регионах, появятся компании, занимающиеся ветровой энергетикой, которые составят конкуренцию компании «НоваВинд». Скорее всего, этому будут способствовать интересы крупного бизнеса — крупных энергетических компаний. Такая модель просматривается на рынках западных стран, где крупные нефтегазовые компании начинают инвестировать в зеленую энергетику, в том числе ветровую. Также есть определенные надежды на сотрудничество с компаниями из дружественных стран. В текущей же сложной ситуации, когда государство ставит задачу по достижению технологического суверенитета (в том числе в ветроэнергетике), одним из способов его достижения может стать модель с концентрацией всех возможностей развития на базе одной крупной компании.

— Можно ли сказать, что причиной нынешних проблем стала недостаточная поддержка отрасли со стороны государства?

— На самом деле это комплексная проблема. Трудно сказать, кто в полной мере ответственен за сложившуюся ситуацию — компании или государство. Поддержка со стороны государства была в первую очередь финансовой, но надо понимать, что без нее вообще ничего бы не состоялось. Наш ТЭК настолько мощный

и мы обладаем такими запасами традиционных энергоресурсов (достаточно дешевых), что, вообще говоря, в России без поддержки государства возобновляемые источники энергии явно проигрывают конкуренцию традиционным энергоресурсам. Не говоря уже о том, что под традиционные отрасли создана мощная инфраструктура — здесь речь идет в первую очередь о газе и угле. Кроме того, у нас развита атомная энергетика и гидроэнергетика. Поэтому в настоящий момент господдержка очень важна для стимулирования таких перспективных отраслей, как ветроэнергетика.

С другой стороны, есть и направления для улучшений. Наша страна очень велика и разнообразна, ситуации в европейской части и на Дальнем Востоке сильно различаются. Я имею в виду, что государство должно, с одной стороны, внедрять особые правила регулирования развития ВИЭ в тех регионах, которые входят в объединенную энергосистему, где они конкурируют с традиционными энергоресурсами. С другой — у нас огромные территории, так называемые изолированные и удаленные районы, где все еще используют дизельные генераторы для энергоснабжения. Можно представить, что это значит для экологии и как отражается на цене электроэнергии — стоимость использования дизельных установок в изолированных и удаленных регионах очень высокая.

Ветровая энергия должна сыграть одну из важнейших ролей, заместив те потребности, которые сейчас покрываются дизельной генерацией, а государство должно стимулировать развитие ветроэнергетики в изолированных районах. Важны не только

денежные вливания, дотации на создание оборудования, но и новые правила регулирования, которые бы учитывали региональную специфику. Это действительно очень важно, но пока большого эффекта я здесь не наблюдаю, хотя попытки развития ветровой генерации в изолированных районах предпринимаются.

Наконец, не стоит забывать, что в развитии ветровой (и вообще зеленой) энергетики заинтересованы неэнергетические компании, которые стремятся сократить таким образом платежи за электроэнергию и снизить углеродный след своей продукции. Роль государства при этом также состоит в регулировании рынка.

Мы только в начале пути. Мы отстаем по времени старта от лидеров в области развития ВИЭ. В то время как большинство стран уже наладило программу поддержки ВИЭ, мы только начинаем отлаживать этот процесс. Тем не менее органы управления ТЭК РФ достаточно оперативно реагируют на складывающуюся ситуацию.

**Подробности**

**Ключевые отличия ДПМ 2.0 от ДПМ 1.0:**

— конкурсный отбор инвестиционных проектов ВИЭ будет осуществляться на основе заявленного инвесторами показателя эффективности генерирующего объекта, а не по величине капитальных затрат на реализацию таких проектов;

— вместо ограничений по годовым объемам ввода мощностей планируемых проектов установлены ежегодные объемы поддержки в рублях;

— переход на балльную методику и новые целевые показатели локализации основного или вспомогательного оборудования генерирующего объекта ВИЭ и ужесточение штрафных коэффициентов за несоблюдение целевых показателей;

— введение требований по экспорту, определяемых как отношение объемов экспортной выручки к производству плановой годовой выработки электрической энергии, и показателя эффективности.

**«Мы только в начале пути. Мы отстаем по времени старта от лидеров в области развития ВИЭ. В то время как большинство стран уже наладило программу поддержки ВИЭ, мы только начинаем отлаживать этот процесс. Тем не менее органы управления ТЭК РФ достаточно оперативно реагируют на складывающуюся ситуацию».**

В частности, с введением санкций государство приняло ряд решений в поддержку ВИЭ. Для ранее отобранных инвестиционных проектов по договору о предоставлении мощностей (ДПМ) ВИЭ предусмотрены отсрочки и отмена штрафов за невыполнение условий конкурса. В данный момент прорабатываются дополнительные меры, которые должны решить ряд вопросов, связанных с инвестированием при удорожании оборудования.

— Балльная система оценки уровня локализации — это эффективный инструмент для повышения независимости отрасли?

— Я к этому инструменту отношусь спокойно, потому что введение баллов локализации — это инструмент достаточно формализованный. Важно, что он есть и внедрена некая система штрафов при невыполнении требований по локализации. Это нормальный элемент контроля за отраслью со стороны государства. Другое дело, что подобные инструменты полны условностей, которыми могут пользоваться чиновники или компании. Например, производители могут лоббировать включение в эту систему своего оборудования, не всегда эффективного для развития отраслей. Количество баллов за тот или иной компонент оборудования — тоже сложный межведомственный вопрос. Тем не менее, было бы хуже, если бы никакой системы не было. Эти баллы учитываются в конкурсе на заключение ДПМ ВИЭ 2.0. Очередной этап конкурса начался в конце марта 2023 года, и по его итогам можно будет делать выводы о реальном состоянии отрасли.

Когда рынок в сложной ситуации, более непонятным выглядит другой компонент, который учитывается в конкурсе, — это требования по экспорту. На мой взгляд, он требует доработки или отмены.

— Можно ли сказать, что европейским странам было несколько легче развивать ветроэнергетику из-за того, что у них нет такой конкурирующей ресурсной базы, как у России?

**«Сегодня идет смена структуры мирового энергобаланса, большинство стран принимают на себя обязательства по развитию низкоуглеродной энергетики для предотвращения изменения климата. Если мы хотим оставаться в тренде мировой энергетики, мы должны развивать свои низкоуглеродные источники энергии».**

— В общем да, но с некоторым пояснением. Идеология европейских стран заключается в том, что увеличение доли возобновляемой энергетики — это их движение в сторону повышения энергетической безопасности. У нас этот вопрос в части общей энергетической системы должен опираться на экономическую эффективность, и тут ВИЭ пока проигрывают, а вот в изолированных районах — Восточная Сибирь, Дальний Восток, Арктика (я упоминал их ранее) — использование ВИЭ вполне обоснованно. И если говорить не о средних показателях по стране, а именно про эти регионы, там вопросы энергетической безопасности и, самое главное, доступности для населения устойчивого энергоснабжения — это ключевой момент.

— Есть примеры регионов, где энергетическая безопасность уже обеспечена, но там все равно запускают ветростанции. Зачем это делают? Зачем вообще России нужна ветроэнергетика?

— Ответ на этот вопрос комплексный. Первый момент — есть мировой тренд, он состоит в том, что в ситуации начала нового энергоперехода идет смена структуры мирового энергетического баланса. Большинство стран сегодня принимают на себя обязательства по развитию низкоуглеродной энергетики для предотвращения изменения климата. Если мы хотим оставаться в тренде мировой энергетики, мы должны развивать свои низкоуглеродные источники энергии.

Второй момент заключается в том, что теперь товары с высоким углеродным следом облагаются дополнительными пошлинами. Если металлурги или производители удобрений хотят продавать свой товар на мировых рынках, они должны доказать, что их продукты сделаны с использованием низкоуглеродных технологий, в том числе на основе зеленой энергетики. Нам тут деваться некуда, потому что постепенно все страны переходят на этот новый формат. Нам нужна промышленность, которая базируется на низком углеродном следе.

У нас для этого есть масса возможностей, потому что та же атомная энергетика считается низкоуглеродной. Ну и, наконец, газ, который тоже в общем-то является чистым ископаемым топливом. Тем не менее самые чистые источники энергии, которые используются для производства уже неэнергетической продукции, — это ВИЭ (ветер, солнце и гидроэнергетика). Поэтому понятно, что «НоваВинд» строит свои установки, тем самым снижая объемы выбросов, в том числе и в тех районах, где на самом деле энергоснабжение уже на достаточном уровне.

— Санкции и торговые ограничения не снизили спрос на «чистую» продукцию из России?

— На самом деле санкции и ограничения достаточно избирательны. Например, ядерное топливо, которым оперирует

Росатом, все еще не запрещено к торговле. Алюминий или никель, которые могут производиться с использованием гидроэнергии, как это делают российские компании, тоже будут с удовольствием покупаться. Нашими партнерами являются не только страны Евросоюза, но и Индия, Китай и др. Вопрос еще и в том, что Россия взяла на себя обязательства по низкоуглеродному развитию и достижению углеродной нейтральности до 2060 года.

— Кажется ли вам реалистичным решение задачи по достижению нулевых выбросов к 2060 году?

— Я считаю, что это реалистично, учитывая некоторые особенности нашей страны. Несмотря на то что наш энергобаланс в основном состоит из ископаемых энергоресурсов, мы располагаем большой долей атомных станций и гидроэлектростанций. ВИЭ у нас, вероятно, будут развиваться менее активно, чем, например, в Китае или Германии. Но если мы учтем газ, который выбрасывает мало CO<sub>2</sub>, и наши леса, которые являются его поглотителями, то тогда, мне кажется, эта цель вполне достижима. Зависит от того, как именно будут производиться расчеты, но формально мы имеем возможность для достижения этой цели.

— Как стимулируют развитие ветроэнергетики в странах, которые вы приводите в пример, — в Германии, Китае, в других государствах? Что из этого могла бы перенять Россия?

— Прежде всего, грамотную политику регулирования. Кроме того, Германия и США являются передовыми разработчиками оборудования для ветроустановок. Для них это еще и жизненно важный политический вопрос, связанный с необходимостью снижения затрат на импорт энергоресурсов. Китай

сумел грамотно локализовать производство. Можно спорить о качестве, но благодаря оформлению всех лицензий Китай обладает собственными технологиями в различных отраслях ТЭК, в частности и в ветроэнергетике.

— Есть ли у российской ветроэнергетики экспортный потенциал? Каковы его основные направления?

— На первый взгляд, шансов мало. Если говорить о производстве оборудования и строительстве объектов ветрогенерации, то конкуренция на внешних рынках достаточно высока. Под боком находится Китай, огромный по мощностям производитель оборудования для ветростанций. Но у России есть, например, особые условия взаимодействия — таможенные льготы, единый рынок со странами — партнерами по ЕАЭС, где также есть программы развития зеленой энергетики. Это наш рынок.

Один из факторов устойчивого развития — это диверсификация и по источникам энергии, и по источникам оборудования. Тому же Казахстану будет неудобно, если он будет ориентироваться только на Китай. В этом смысле Россия может сыграть свою важную роль — определенный оптимизм имеется.

Что касается экспорта электроэнергии, произведенной на ветровых станциях, то в настоящий момент я не вижу для этого возможностей, кроме разве что приграничной торговли в ограниченных объемах на юге и востоке страны.

— А государство не потеряло веру в ветроэнергетику? Обсуждается снижение финансирования второй программы господдержки до 2035 года...

— Действительно, такое ощущение есть, но на самом деле рынок находится в некоторой паузе в связи с неопределенностью перспектив развития и недостатком информации. Я надеюсь, что конкурс, который начался в конце марта, покажет расстановку сил: кто что сможет сделать и как государство на это отреагирует.

На фото

Ветропарк Panachaiko Wind Farm на западе Греции



**Текст:** Ирина Проровская  
**Фото:** ТАСС / Виталий Созинов, Александр Шогин, Игорь Зарембо; wikipedia.org

Ветроэлектростанция, конструкция которой разработана институтом «Гидропроект» им. С. Я. Жука, 1984 год

Зеленоградская ВЭС в Калининградской области мощностью 5,1 МВт, введенная в эксплуатацию в 1998 году, в течение долгого времени была крупнейшей ветростанцией России (сегодня самая крупная ветростанция страны — Кочубеевская ВЭС АО «НоваВинд» мощностью 210 МВт)

# Коммерческий ветер

Энергия из воздуха: история и современность

**Устройства, которые приводит в движение сила ветра, появились очень давно: детская бумажная вертушка — одна из самых древних игрушек. Ветряные мельницы — привычный элемент пейзажа на картинах европейских художников. Сегодня таким же типичным элементом ландшафта во всем мире становятся ветроэнергетические установки.**

## Как стать богатым

Когда именно люди начали строить ветряные мельницы, точно не известно. Отсылки ко временам вавилонского царя Хаммурапи или древних греков некоторыми учеными оспариваются. А первые задокументированные находки разрушенных мельниц относятся к X веку н. э., они были сделаны в Персии. Первое упоминание о мельнице, наиболее похожей на ту, какой мы привыкли ее видеть, было сделано на Британских островах и относится к 1185 году. Это сооружение для человека того времени становится таким значимым, что владеть мельницей означает быть богатым.

## Ветер для плодородия

Традиционное предназначение ветряных мельниц в средние века — помол зерна и измельчение чего-либо (от красок до табака и специй). Но в Нидерландах в XVI веке мельницы приспособили для перекачки воды и осушения водоемов — таким образом

крестьяне решали вопрос повышения плодородности почвы. Система откачки воды с помощью ветряных мельниц стала важнейшей частью использования полей — участков суши, отвоєванных у болот и моря. С той же целью в XIX веке мельницы активно строились и на Американском континенте. Веком ранее первые поселенцы столкнулись с непригодностью больших массивов земли для земледелия, использование мельниц помогало решить эту проблему.

## Неоцененные усилия

Первый ветряк для выработки электроэнергии был построен в 1887 году в Шотландии: инженер Джеймс Блайт соорудил его во дворе своего дома. Конструкция имела 10 м в диаметре и вполне там помещалась. Жилище профессора получало энергию от аккумуляторов, которые заряжались от этого ветряка — благо ветер на шотландских пустошах дует часто. Интересно, что у Блайта образовывались излишки энергии, и он предлагал с их помощью освещать одну из местных улиц, но поддержки у соседей и тех, кто принимал решения в его родном Мерикирке, не нашел. Увы, его техническое устройство не было признано экономически выгодным, в том числе из-за суеверий соседей. Строительство ветряка для местной психиатрической больницы тоже не послужило толчком к развитию ветроэнергетики в регионе — резервный источник питания хоть и использовался, но так и не был оценен по достоинству.

## Первая ветростанция

Зато в Дании примерно в то же время идея ветряков была встречена на ура. Там в 1890 году появилась первая настоящая ВЭС — ветроэлектростанция, а через год разработан ветрогенератор, способный дать постоянный поток электроэнергии. Вскоре в Дании стало появляться множество мини-ВЭС, так что эту страну можно считать родиной ветроэнергетики или по крайней мере главным популяризатором этого вида генерации в то время.

## Советский ветер

Работы по развитию ветроэнергетики активно велись и в СССР (несмотря на разработку месторождений углеводородов): этим начиная с 1920-х годов занимался Центральный



аэрогидродинамический институт (ЦАГИ). Понятно, что в тот период все внимание было приковано к развитию сельского хозяйства. Разработанный в ЦАГИ ветряк мог обеспечить работу мельницы или осветить 200 сельских дворов. А в 1931 году в Крыму была запущена ветростанция с колесом диаметром 30 м и мощностью 100 кВт — самая мощная на тот момент в мире (ветроагрегаты в Дании и Германии того времени имели диаметр колеса до 24 м, а их мощность не превышала 50–70 кВт). Опорную конструкцию ветродвигателя построили по проекту В. Г. Шухова. После 10 лет работы ветростанция была разрушена во время боев за Севастополь.

О том, как электричество пришло на Чукотку, рассказывает в своей автобиографической трилогии «Время таяния снегов» писатель Юрий Рытхэу. В его родном стойбище Улак электрическое освещение появилось в конце 1930-х годов именно благодаря ветродвигателю, который обеспечивал электроэнергией и яранги оленеводов, и соседнюю полярную станцию.

Во время освоения целины в Казахстане была построена первая многоагрегатная ветроэлектростанция общей мощностью 400 кВт, работавшая в паре с дизельным двигателем. Она стала прообразом систем «ветро-дизель».

## Свет Уфимцева

Сегодня, по мнению многих экспертов, развитие ВИЭ во многом сдерживает проблема создания эффективного и экономически выгодного способа накопления энергии. Без этого ветровая энергия становится весьма ветреной: сегодня ветер есть, завтра — нет. Решить эту проблему пытался еще в 1931 году курский изобретатель Анатолий Уфимцев, которого называли поэтом в области техники. Электрическое перо, бесклапанный керосиновый двигатель, двигатели для молотилки, летательный аппарат с круглым крылом — сфероплан, трехколесное шасси с носовым колесом — Уфимцев был неутомимым изобретателем. Он же разработал и запустил первую в мире ветроэлектростанцию с инерционным аккумулятором. Она начала строиться ровно 100 лет назад — в 1923 году, возводилась с перерывами (по разным причинам) и за два года достигла высоты 45 аршин, то есть 32 метров.



## Цифры

**>40 тыс.**  
ветродвигателей

средней мощностью 50–100 кВт было произведено в СССР в период 1940–1950-х годов для нужд сельского хозяйства и жителей сельских районов

**170 тыс.**  
ТВт·ч в год

составляют общемировые запасы энергии ветра

**>30%**

мирового объема ветровой энергии сегодня производит Китай

## На фото

Иохан Хендрик Вейсенбрух. «Пейзаж с мельницей у Схидама», 1873



ВЭС Уфимцева, построенная в 1931 году



изобретателя. В 1932 году на местной электростанции случилась авария, и станция Уфимцева стала работать на город. Но спустя четыре года, после смерти ученого, она остановилась, а попытки снова ввести ее в строй не были успешными.

### Запасы ветра

Общемировые запасы энергии ветра оцениваются в 170 трлн кВт·ч (170 тыс. ТВт·ч) в год. Это в восемь раз превышает нынешнее глобальное потребление электроэнергии. Наша страна обладает самым большим в мире ветроэнергетическим потенциалом — порядка 40 млрд кВт·ч электроэнергии в год. Районы Русского Севера, в частности Обская губа, Кольский полуостров, большая часть прибрежной полосы Дальнего Востока, по мировой классификации относятся к самым ветреным зонам. Среднегодовая скорость ветра на высотах 50–100 м (это высота современного ветроагрегата) там составляет 11–12 м/с. А коммерческим считается ветер с параметрами 6–16 м/с.

### Ветропарк на глубине

Морские ветроустановки вырабатывают порядка 10% всей мощности ВЭС в мире. Но, оказывается, их можно строить и на глубоководье. Первая такая ВЭС работает с 2017 года в Шотландии. Эти ветроустановки — не башни, опирающиеся на сваи, вбитые в дно, а своего рода гигантские поплавки, которые утяжеляются якорями. Появление технологии связано с тем, что несмотря на хорошую скорость ветров в морских районах с большими глубинами, установить там стандартный ветряк невозможно. Станция, расположенная в 25 км от берега, поставляет электроэнергию в сеть ближайшего городка.

Многие страны, например Китай, планируют строить подобные плавучие ВЭС, в том числе размещая их там, где глубина моря достигает 800 метров. Это даст прибрежным государствам дополнительную возможность развивать большую ветроэнергетику.

### Найти правильное место

Одно из основных понятий в ветроэнергетике — ветропотенциал, он характеризует постоянство режима, в котором дует ветер. Например, ветер может быть постоянным, но слабым, тогда площадка не будет считаться пригодной для строительства ветропарка. Прежде чем построить ветроэлектростанцию, проводятся подготовительные работы по оценке характеристик ветра.

Ветроизмерительный комплекс (ВИК) на месте будущего ветропарка работает год и более, это необходимо, чтобы оценить сезонные колебания. Он собирает информацию о силе и направлении ветра на высоте свыше 30 метров. ВИК представляет собой башню, оснащенную датчиками давления, влажности, температуры, флюгерным датчиком, который определяет направление ветра, а также

анемометрами — они устанавливаются на разных уровнях комплекса и позволяют оценить такой параметр, как горизонтальная скорость ветра. Информация с датчиков собирается регистратором данных. Все эти данные позволяют оценить окупаемость и другие экономические параметры будущего объекта.

### На пути у птиц?

Среди аргументов, которые приводят скептики и противники массового развития ветроэнергетики, можно услышать такой: якобы ветряки мешают привычной жизнедеятельности птиц и приводят к их гибели. Несколько лет назад было проведено исследование Bird Collision Avoidance Study. Орнитологи круглосуточно вели съемку в ветропарке Thanet в проливе Ла-Манш. За два года наблюдений было отмечено всего шесть эпизодов столкновений пернатых с ветряками. Таким образом, опасения, что башни угрожают популяции птиц, оказались сильно преувеличены — те вполне в состоянии изменить траекторию полета, если на пути встретится ветряк. А по данным Европейской ассоциации ветроэнергетики, количество птиц, погибших от столкновения с ветряками, в 3,5 тыс. раз меньше, чем, например, от встречи с кошками.

### Праздник ветра

Сегодня ветроустановки обеспечивают около пятой части всей энергии, получаемой на базе возобновляемых источников, а к 2030 году, по прогнозу Международного энергетического агентства, этот показатель достигнет одной трети (в сценарии устойчивого развития).

Ветер неутомимо работает днем и ночью на суше и на море, чтобы давать человечеству чистую энергию. Неудивительно, что с недавних пор у этого трудяги появился собственный «профессиональный» праздник — Всемирный день ветра. Он отмечается 15 июня по инициативе Европейской ассоциации ветроэнергетики (European Wind Energy Association, EWEA) и Всемирного совета по ветроэнергетике (Global Wind Energy Council, GWEC) с 2007 года.

В этот день в мире проводится множество мероприятий для взрослых и детей: экскурсии на ветроэлектростанции, встречи с экспертами, лекции и семинары. Основные задачи этих мероприятий — знакомство широкого круга общественности с достижениями и преимуществами ветроэнергетики, а также развенчание мифов, до сих пор сопровождающих этот вид генерации. Вот один из мифов: многие считают, что ВЭС — это источник шумового загрязнения, которое негативно влияет на здоровье и качество жизни людей. Однако шум от ветроэлектростанции из 10 ветряков в 300 метрах (именно на таком расстоянии от ВЭС разрешено строить дома) составляет всего 35–45 дБ, что значительно меньше шума в оживленном офисе (60 дБ) и сопоставимо с фоновым шумом в сельском районе ночью (20–40 дБ).

## Как работает ветроизмерительный комплекс



### Цифры

**45–50%**

энергии ветра из воздушного потока используют ветроэнергетические установки

**92 тыс. баррелей нефти**

экономит за 20 лет работы ветрогенератор мощностью 1 МВт

Текст: Сергей Петровский  
Фото: wikipedia.org

# «Ветер, ветер, ты могуч!»

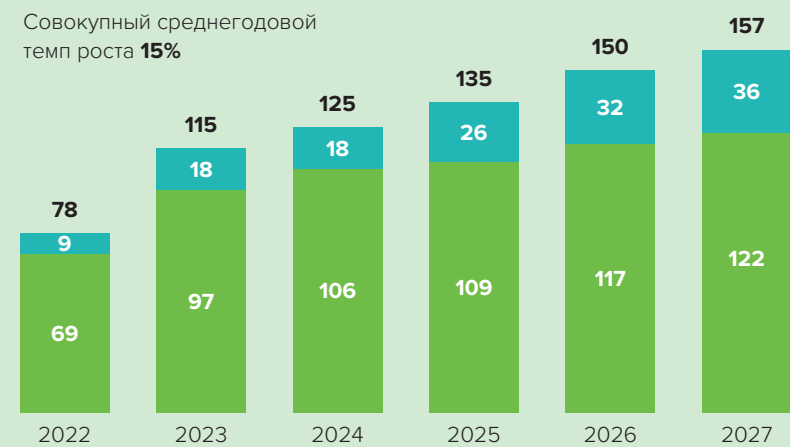
Рассказываем о сегодняшнем состоянии мирового рынка ветроэнергетики, о его ближайших перспективах и направлениях развития

Международное энергетическое агентство считает, что для выполнения целей Парижского соглашения 61% общего объема электроэнергии к 2030 году должен вырабатываться с помощью возобновляемых источников энергии. Для этого мощности ВИЭ в ближайшие годы придется утроить, преимущественно за счет ветровых и солнечных электростанций. По данным аналитического центра Ember, доля ветрогенерации в мировом производстве электроэнергии в 2022 году составила примерно 7,8%, к концу десятилетия этот показатель предполагается довести до 21%.

## На новый уровень

Согласно отчету Всемирного совета по ветроэнергетике (Global Wind Energy Council, GWEC), в 2022 году во всем мире были построены ветропарки общей мощностью 90,6 ГВт, из которых 77,6 ГВт было подключено к электросетям (новые установки общей мощностью 13 ГВт, в основном в Китае и Вьетнаме, были построены, но не подключены по различным технологическим причинам). Суммарная глобальная установленная мощность ветрогенерации выросла до 906 ГВт, показав рост 9% по сравнению с 2021 годом.

## Прогноз по вводу новых ветроустановок в мире в 2022–2026 гг. (ГВт)



Источники: GWEC, 2023

■ Наземные ■ Морские

Несмотря на то, что темпы ввода несколько замедлились по сравнению с предыдущими двумя годами, когда они составляли около 100 ГВт в год, нельзя не отметить, что за последние три года мировая ветроэнергетика совершила мощный рывок, перейдя на новый уровень: до 2019 года включительно прирост мощностей не превышал 65 ГВт в год. Крупнейшими мировыми игроками на рынке ввода новых ВЭУ в 2022 году стали Китай, США, Бразилия, Германия и Швеция. Вместе в прошлом году они обеспечили ввод 71% установок в мире.

## Ветер надежды

По прогнозам GWEC, мировые ветроэнергетические мощности в середине текущего года преодолеют рубеж в 1 ТВт. Чтобы достичь этого показателя, человечеству потребовалось около четырех десятков лет, а за следующие семь лет мир собирается его удвоить.

Прогнозы GWEC достаточно оптимистичны. 2023 год должен стать первым годом в истории ветроэнергетики, когда во всем мире будет добавлено более 100 ГВт новых мощностей, далее прогнозируется ежегодный рост на 15% — то есть порядка 136 ГВт в год до 2027-го. Ожидания на горизонте десятилетия также пересмотрены в сторону увеличения: прогнозируется, что в период с 2023 по 2030 год будет добавлено 1221 ГВт новых мощностей (ранее ожидалось, что этот показатель составит 1078 ГВт).

Среди основных причин роста аналитики называют реформу энергетической системы в Европе, связанную с ускоренной заменой ископаемого топлива возобновляемыми источниками для обеспечения энергетической безопасности; приверженность Китая дальнейшему расширению роли возобновляемых источников энергии в энергобалансе страны; принятие в США закона о снижении инфляции, который предусматривает финансирование проектов по развитию экологически чистых источников энергии в размере \$369 млрд. При прогнозируемых темпах роста в 2030 году ветроэнергетические мощности в мире преодолеют важный рубеж в 2 ТВт. При этом аналитики ожидают, что если в 2025 году ввод офшорных мощностей составит 25 МВт, то в 2027-м — уже 130 МВт.

## Большие перспективы

События 2022 года подтолкнули правительства по всему миру к принятию беспрецедентных мер для ускорения зеленого энергоперехода в экономике. Многие государства и регионы установили новые

целевые показатели для повышения доли ВИЭ и снижения зависимости экономики от технологий на основе ископаемого топлива как в области генерации энергии, так и в сферах промышленности и транспорта. Политические условия, которые ранее затрудняли развертывание ветромощностей, начинают меняться. И сегодня на карте мира осталось не так много стран, где развитие ветроэнергетики не происходит или не запланировано на ближайшие годы.

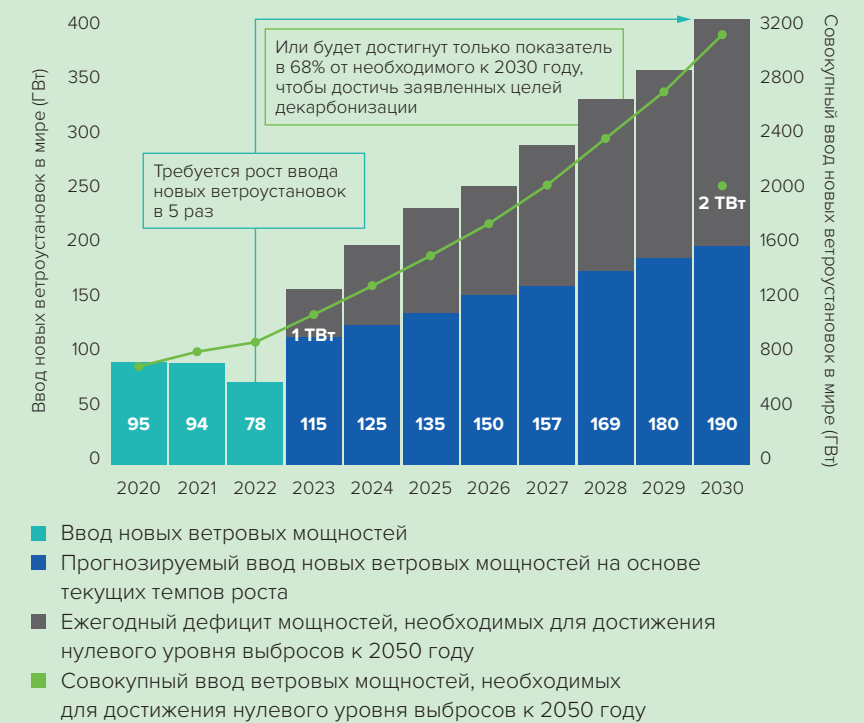
По прогнозам экспертов, Китай останется лидером на ветроэнергетическом рынке. Другие азиатские страны, в том числе Южная Корея и Япония, также в ближайшие годы будут демонстрировать высокие темпы ввода ветромощностей. Согласно данным Reuters, текущие ветрогенерирующие мощности Китая, составляющие 278 ГВт, вырастут на 41% — до 400 ГВт — к 2030 году. Южная Корея, которая сейчас занимает 38-е место в мировом списке стран, имеющих ветроэнергетические мощности, переместится к концу десятилетия на 6-е место — в стране должны быть введены в эксплуатацию 40 ГВт. Япония намерена увеличить свои ветроэнергетические мощности до 19 ГВт. К 2030 году на восточноазиатские страны в совокупности будет приходиться 36,2% мировой ветроэнергетики. Вьетнам также готов к значительному росту мощностей: к 2030 году планирует ввести более 11 ГВт, чтобы укрепить статус страны как одного из 20 крупнейших мировых производителей ветровой энергии.

Помимо азиатских государств, другие страны также рассматривают развитие ветроэнергетики как приоритетное направление энергоперехода. Так, Бразилия видит ветроэнергетику одним из средств для достижения климатических целей при ускорении экономического роста, планируя более чем втрое увеличить ветроэнергетические мощности, что позволит стране подняться на 3-е место в мировом рейтинге (с 7-го места в настоящее время). Индия нацелена на ввод более 60 ГВт на суше и почти 40 ГВт на море к 2030 году, увеличив общие мощности на 25%, однако даже при этом к 2030 году страна опустится в мировом рейтинге с 4-го на 7-е место, поскольку другие страны будут развивать ветроэнергетику более ускоренными темпами.

В США активная антиветроэнергетическая риторика Трампа при новой администрации сменилась на противоположное направление, подкрепленное новыми финансовыми инструментами и стимулами. Соединенные Штаты намерены укрепить свои позиции в качестве второго по величине производителя ветровой энергии за счет увеличения мощности до 212 ГВт к 2030 году.

Евросоюз также развивает многосторонний подход к росту промышленности при достижении энергетических и климатических целей. Проекты, связанные с возобновляемыми источниками энергии, имеют приоритетное значение, для их финансирования планируется выделение €20 млрд. Европа до конца десятилетия собирается увеличить ветроэнергетические мощности на 68% по сравнению с нынешним

## Прогноз по достижению установленной мощности ветрогенерации до 2030 года



Источники: GWEC, 2023

уровнем: Германия, Испания, Франция и Швеция планируют увеличить совокупную мощность почти на 40 ГВт, о значительном увеличении мощностей говорят также Польша, Финляндия и Великобритания.

На Ближнем Востоке Саудовская Аравия может стать крупнейшим производителем ветровой энергии, увеличив имеющиеся мощности до 900 МВт. Австралия и Новая Зеландия также настроены на быстрое расширение ветроэнергетики в ближайшие годы, при этом мощность вырастет с текущих 52 до 64 ГВт, если все запланированные проекты будут реализованы. Это сможет радикально изменить энергосистему Австралии и потенциально превратить страну в чистого экспортера электроэнергии (если будут построены необходимые линии электропередачи, питающие Юго-Восточную Азию).

## Сделано в Китае

Европа, как родина большой ветроэнергетики, ранее имела преимущества в виде выстроенных цепочек поставок. Однако с момента запуска ветроэнергетических проектов в Китае в 2008–2010 годах именно эта страна стала ведущей в мире производственной базой для ветроэнергетики, включая производство ключевых компонентов и сырья для ветроустановок.

Так, сейчас в мире эксплуатируется 153 завода по производству гондол для ветрогенераторов, еще 74 объекта находятся в стадии строительства или на этапе планирования, из них в Китае — более 100 заводов



в эксплуатации и 64 строятся. Мощности Китая по производству гондол — 98 ГВт в год, это 60% мирового рынка. Многие другие цепочки поставок также завязаны на Китай. Помимо редукторов и генераторов, Китай контролирует глобальную цепочку поставок отливок, поковок, поворотных подшипников, башен и фланцев, занимая более 70% мирового рынка.

#### Драйвер для человеческого капитала

Развитие возобновляемой энергетики рассматривается мировым сообществом не только как источник декарбонизации, но и как экономический драйвер, связанный с ростом занятости и созданием новых рабочих мест.

Для развития возобновляемой энергии требуются специалисты многих профессий разных уровней подготовки по всей цепочке создания стоимости, от проектирования до вывода из эксплуатации. Анализ IRENA (International Renewable Energy Agency — Международное агентство по возобновляемым источникам энергии) показывает, что ввод 50 МВт наземных ветроустановок требует более 144 000 человеко-дней рабочего времени, а 50 МВт офшорных установок — более 210 000 человеко-дней.

Анализ также показывает, что для более чем 60% рабочей силы для строительства ветростанций на суше и более 50% на шельфе требуется минимальное обучение, в то время как STEM-профессии (Science, Technology, Engineering, Mathematics) составляют 28% рабочей силы для наземной и 21% для морской ветроэнергетики. Высококвалифицированные специалисты, не относящиеся к STEM, такие как юристы, специалисты по логистике, маркетингу, регулированию и стандартизации, составляют примерно 5 и 20% для наземной и морской ветроэнергетики соответственно, а административный персонал — 4 и 8%.

#### Ветер с моря

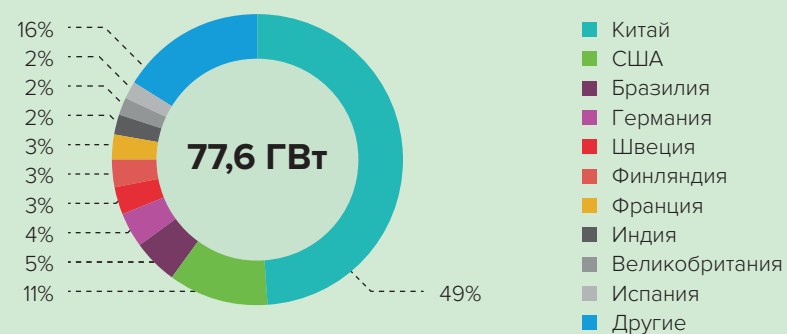
Рыночный потенциал для офшорных ветроустановок увеличивается с каждым годом. В 2021 году Договор к Энергетической хартии ООН предполагал развертывание 2 ТВт морской ветроэнергетики до 2050 года, чтобы достичь целей «чистого нуля». Это требует больших усилий международного сообщества, с учетом того что глобальная офшорная мощность сегодня составляет чуть более 60 ГВт.

Китай предполагает лидировать и в этом направлении. В ноябре прошлого года на глобальном саммите по морской ветроэнергетике в Хайнане Китай озвучил планы по вводу 100 ГВт офшорных мощностей к 2025 году, 200 ГВт — к 2030-му и 1000 ГВт — к 2050-му. Если эти планы будут реализованы, то доля Китая в офшорной ветроэнергетике к середине столетия составит 50%.

Офшорный ветер как масштабируемая и коммерчески доступная энерготехнология, способная производить огромное количество энергии, имеет большой потенциал для быстрого вытеснения ископаемых видов топлива и, как следствие, обеспечения экономического роста и укрепления энергетической безопасности. Офшорный ветер также открывает возможность масштабирования производства зеленого водорода и развития технологий накопления энергии, тем самым помогая в декарбонизации энергоемких отраслей.

Во всем мире офшорным ветровым проектам обычно требуется до девяти лет, чтобы прийти до полной сдачи в эксплуатацию. Основную часть этого времени занимают процессы согласования и получения разрешений. Как правило, после завершения этих процессов даже крупномасштабные морские ветровые проекты могут быть реализованы очень быстро — обычно примерно в течение двух лет. По мнению аналитиков GWEC, необходимо создание эффективных регуляторных процедур в этой области, которые помогут быстрее вводить значительное количество офшорных ветровых мощностей, позволяя им вносить свой вклад в глобальный экономический рост и увеличение доли чистой энергии в мировом энергобалансе.

#### Ввод новых ветроэнергетических мощностей в 2022 году и доля крупнейших участников рынка (%)



Источник: GWEC, 2023

#### Ветроэнергетика-2022 в цифрах

~7,8%

доля ветрогенерации в мировом производстве электроэнергии

906 ГВт

суммарная глобальная установленная мощность ветрогенерации

>60 ГВт

суммарная глобальная мощность офшорных ветроустановок

71%

ветроустановок в мире ввели Китай, США, Бразилия, Германия и Швеция

Текст: Надежда Фетисова

Фото: МОКБ «Марс» / Валентин Коробейников, АО «НПО Лавочкина», Роскосмос

# Спутники на связи

Что МОКБ «Марс» создает для космических аппаратов



**Какие задачи решают метеоспутники? Зачем их размещать на разных орбитах и почему метеорологам так важно наблюдать за Арктикой? Кто главный враг космических аппаратов в космосе? На эти и другие вопросы «Вестника атомпрома» отвечает заместитель генерального конструктора МОКБ «Марс» Дмитрий Добрынин.**

— Дмитрий Алексеевич, в феврале на геостационарную орбиту был выведен спутник «Электро-Л» № 4. Расскажите, пожалуйста, об основных задачах этого спутника.

— «Электро-Л» № 4 был запущен 5 февраля. В течение трех месяцев проводятся положенные по нормативной документации проверки бортовых систем. После того как они завершатся, должно быть принято

решение о вводе в эксплуатацию этого аппарата в космическую систему «Электро-Л». Сейчас почти все проверки на аппарате завершены, замечаний к нашему бортовому комплексу управления (БКУ) нет.

Задачи «Электро-Л» № 4 схожи с задачами других спутников серии и определяются установленной на нем целевой аппаратурой. Первая и основная задача — осуществление периодической регулярной съемки многозональным сканирующим устройством в трех видимых и семи инфракрасных диапазонах всего диска Земли с высоты геостационарной орбиты. Разрешение видимого диапазона — километр на пиксель, разрешение инфракрасного диапазона — до четырех километров на пиксель. Съемка проводится каждые 15 минут, снимки отправляются на Землю для использования российскими метеорологами.

Также на аппарате есть геофизическая система ГГСК, которая регистрирует показатели космической погоды: потоки, скорость и энергию частиц, пролетающих мимо космического аппарата. ГГСК позволяет прогнозировать возникновение на Земле магнитных бурь, фиксирует воздействие этих излучений на бортовую аппаратуру космических аппаратов, а также позволяет ученым анализировать физические явления, происходящие в космосе.

Кроме того, на борту «Электро-Л» № 4 стоят бортовые системы, собирающие данные с наземных платформ Росгидромета и ретранслирующие их в центры сбора этой информации. Таких центров в России несколько, а платформ сбора данных — несколько сотен, и расположены они подчас в малодоступных местах.

На аппаратах серии «Электро-Л» также установлена аппаратура международной спутниковой поисково-спасательной системы «КОСПАС-САРСАТ». Любые наземные объекты — суда или люди, имеющие необходимый передатчик, — могут послать сигнал бедствия, через спутниковые космические аппараты данные поступят в центр сбора этих сигналов, и помощь придет. Замечу, что такая аппаратура расположена не только на спутниках серии «Электро-Л», но и на аппаратах серии «Арктика-М» и других.

— Сейчас на орбите находятся три спутника серии «Электро-Л». Для чего нужно такое их количество? Планируются ли еще к запуску спутники этой серии?

— Земля имеет форму геоида (форма, близкая к эллипсоиду вращения. — Прим. ред.). Если фотографировать ее только с одного ракурса, то и видна,



На фото

Внешний вид спутника «Электро-Л»

соответственно, будет только сторона, повернутая к съемочной аппаратуре. Двух противоположных точек съемки тоже недостаточно: по краям кадра теряется качество изображения, будут зоны нестыковки. Поэтому оптимальным является построение системы, в которой три космических аппарата, расположенных на геостационарной орбите с одинаковым угловым расстоянием друг от друга, одновременно делают снимки земного шара.

В настоящий момент такая космическая система построена: спутники «Электро-Л» № 2, «Электро-Л» № 3 и «Электро-Л» № 4 расположены в трех разных точках стояния: над Атлантическим, Тихим и Индийским океанами.

— А куда делся «Электро-Л» № 1?

— Этот космический аппарат был запущен давно, в январе 2011 года. Он прошел летные испытания, был принят в опытную эксплуатацию, отработал несколько лет. Однако в 2016 году случилась непредвиденная ситуация на борту, которая привела к невозможности получать качественную информацию с нужной точностью снимков. Поэтому аппарат был выведен из работы.

— МОКБ «Марс» разработало для спутников серии «Электро-Л» бортовые комплексы управления. Отличаются ли они между собой?

— Отличаются незначительно. Для БКУ «Электро-Л» № 4 были доработаны и модернизированы блоки бортового комплекса управления: вычислители, блоки силовой автоматики, схемотехника, конструктив. Также существенно доработано и обновлено программное обеспечение — с учетом опыта, полученного на предыдущих аппаратах.

— «Электро-Л» — не единственная серия российских метеоспутников. Есть еще, например, серия «Арктика-М», в создании которой МОКБ «Марс» тоже принимало непосредственное участие. Чем отличаются аппараты серий «Электро-Л» и «Арктика-М»?

— «Электро-Л» и «Арктика-М» построены на базе единой космической платформы «Навигатор» разработки АО «НПО Лавочкина». Состав бортовой аппаратуры и БКУ у них очень близки, но отличия, естественно, есть. Например, из внешних отличий: у «Арктики-М» два крыла солнечных батарей, у «Электро-Л» — одно. И наоборот: у «Электро-Л» две направленных антенны, а у «Арктики-М» — одна.

Однако самое главное отличие этих аппаратов — это орбиты, на которых они работают. Спутники серии «Электро-Л» вращаются, как я уже говорил, на геостационарной орбите с почти постоянной ориентацией на центр Земли. Скорость вращения аппарата примерно совпадает со скоростью вращения точки, находящейся на поверхности Земли, то есть наблюдателю с Земли кажется, что аппарат висит над ним. Динамических разворотов «Электро-Л» очень мало (это корректирующие импульсы, сезонные развороты и некоторые специфические операции).

Для спутников серии «Арктика-М», которые находятся на высокоэллиптической орбите, динамические развороты — норма жизни. Перигей (ближайшая к Земле точка) этой орбиты — около 4–5 тыс. км, апогей (наивысшая точка над поверхностью Земли) — на уровне 40–45 тыс. км. Съемки с «Арктики-М» продолжаются примерно половину времени от общего времени витка, когда он находится на апогейном участке, — шесть часов. В другие шесть часов аппарат залетает за Землю, в перигей, и съемка не проводится (относительно Земли космический аппарат летит быстро, и весь диск в поле съемки не помещается).

Таким образом, расстояние аппарата от поверхности Земли и направление на центр Земли постоянно меняются, соответственно, съемочная аппаратура должна все время разворачиваться (наводиться). Задача бортового комплекса управления — это осуществление циклограммы съемок так, чтобы каждая съемка в каждой точке орбиты была в необходимой ориентации.

Плюс ко всему за Землей, в перигейном участке, аппарат движется с более высокой относительно апогея скоростью. А значит, должны решаться задачи незасветки и сбережения оптических систем, радиаторов охлаждения целевой аппаратуры от различных источников тепла — Земли, Луны, Солнца.

Специалисты МОКБ «Марс» вместе с коллегами из АО «НПО Лавочкина» для работы на этой орбите разработали особые алгоритмы, позволяющие



Аппаратура БКУ на стенде испытательного комплекса



разгружать и загружать органы управления ориентацией этого космического аппарата (двигатели-маховики) так, чтобы не разогнать их до предельных уровней вращения.

Кроме того, на этой орбите аппарат дважды на каждом витке проходит так называемые радиационные пояса Земли, где высока плотность заряженных частиц, подлетевших к нашей планете из космического пространства и захваченных ее электромагнитным полем. Это очень непростое испытание для бортовой аппаратуры, но она сделана с расчетом на такие нагрузки.

#### — Какие задачи решает спутник «Арктика-М» № 1?

— Высокоэллиптическая орбита вытянута в сторону Северного полюса. Находясь в апогейном участке, «Арктика-М» № 1 снимает территорию Арктики (ученые называют ее «кухней погоды») со стороны Северного полюса. Это уникальный ракурс, его невозможно получить ни с одного другого спутника. Подчеркну, что на данный момент только у России есть метеорологические аппараты, которые работают на высокоэллиптической орбите с Северного полушария Земли. Это дает нашим метеорологам большие возможности для исследования картины погоды всего земного шара. Например, недавно ученые получили снимки, фиксирующие зарождение, развитие

и влияние на погоду таких явлений, как мезомасштабные циклоны. Они формируются и проходят довольно быстро, но при этом, как я понимаю, могут сильно мешать навигации в северных широтах.

Со спутников серий «Электро-Л» и «Арктика-М» приходят не только фотографии в видимом диапазоне, но и инфракрасные снимки. По ним, например, можно отследить распределение температур по поверхности Земли и морей, по высоте от поверхности Земли в атмосфере, а также определить направление и скорость ветра, параметры облачности. На основе этих и других данных метеорологи делают массу востребованных продуктов для разных потребителей: судов на Северном морском пути, авиации, сельхозпроизводителей, МЧС и других министерств и ведомств.

#### — Как сейчас работает «Арктика-М» № 1? Когда планируется запуск «Арктики-М» № 2? И будут ли еще аппараты этой серии?

— «Арктика-М» № 1 была запущена 28 февраля 2021 года, летные испытания БКУ прошел без замечаний. Сейчас метеорологи регулярно получают с аппарата необходимые данные. Фотографии, выполненные с «Арктики-М» № 1, вы можете увидеть, например, в телевизионных прогнозах погоды.

«Арктика-М» № 2 проходит испытания в АО «НПО Лавочкина». Бортовой комплекс управления для этого аппарата специалисты МОКБ «Марс» уже изготовили, испытали, поставили. Сейчас БКУ проходит комплексные испытания в составе аппарата. Запуск «Арктики-М» № 2 запланирован на конец 2023 года. Спутник будет работать на той же орбите, что и «Арктика-М» № 1, но с разнесением по угловому положению. Соответственно, оба аппарата будут снимать земную поверхность с одинаковых точек, но в разное время, по очереди. Таким образом, мы будем без прерыва получать данные с высокоэллиптической орбиты.

Планируется запуск еще как минимум двух аппаратов серии «Арктика-М» — они будут работать также на высокоэллиптической орбите, но она будет повернута по долготе относительно орбиты, где сейчас летает «Арктика-М» № 1. Это будут две пересекающиеся орбиты. Таким образом, станет возможно осуществлять наблюдение за Землей с разных ракурсов — с запада и востока. Техническое задание на эти аппараты сейчас прорабатывается совместно с Роскосмосом. Их запуск ожидается после 2026 года.

#### — Уже больше трех лет в космосе работает уникальная космическая обсерватория «Спектр-РГ». МОКБ «Марс» принимало участие в ее создании. Расскажите, пожалуйста, об этой работе.

— «Спектр-РГ» — это орбитальная астрофизическая обсерватория, совместный проект Российской академии наук и Немецкого центра авиации и космонавтики (DLR). На этом космическом аппарате установлены два рентгеновских телескопа: российский ART-XC им. М. Н. Павлинского, изготовленный Институтом космических исследований РАН и РФЯЦ-ВНИИЭФ, и немецкий eROSITA, построенный Институтом внеземной физики Общества Макса Планка. Они снимают в разных полосах рентгеновского диапазона, дополняя друг друга. Цель работы обсерватории — составить полную карту Вселенной в рентгеновском диапазоне.

Для этого аппарата АО «НПО Лавочкина» так же, как и для серий «Электро-Л» и «Арктика-М», использовало платформу «Навигатор» с очень похожими бортовыми системами и с бортовым комплексом управления разработки МОКБ «Марс». Тем не менее, целевая аппаратура сильно отличается от той, что установлена на метеоспутниках. Наведение и поддержание ориентации научных инструментов — телескопов — требует на порядок большей точности, чем, например, аппаратов связи. Уровень точности — единицы угловых секунд.

«Спектр-РГ» находится в точке Лагранжа 2 на удалении полутора миллиона километров от Земли. В этой области гравитационное взаимодействие Земли и Солнца выравнивается, и на аппарат оказывается меньше воздействия со стороны этих двух небесных тел. Основной задачей первого этапа наблюдений был осмотр двумя вышеупомянутыми рентгеновскими телескопами всей видимой Вселенной в течение четырех лет. БКУ должен был обеспечить на протяжении

этого времени равномерное высокоточное вращение обсерватории с постоянным смещением оси наблюдения по земному небосклону, чтобы за это время получить восемь полных обзоров всей земной сферы.

Четыре полных осмотра небосклона были успешно выполнены, получены карты звездного неба с обоих приборов. С каждым новым осмотром они уточнялись, ученые были довольны. Пятый осмотр был начат, но по геополитическим причинам немецкая сторона приняла решение перевести свой телескоп в нерабочий режим. Таким образом, российский телескоп получил карт-бланш на сто процентов использования полетного времени. Задачи нашего телескопа сейчас автоматически получили первоочередные права.

#### — Какой в среднем срок службы БКУ?

— На это влияют разные факторы, в первую очередь — срок службы и ресурсы аппаратуры, которая установлена на космическом аппарате, а также условия, в которых он работает.

Космос — это суперагрессивная среда: там вакуум, низкое давление, перепады температуры в несколько сотен градусов, отсутствует теплопередача конвекцией. И, конечно, космическая радиация: энергия, переносимая космическими частицами, солнечный ветер, галактические излучения — все это негативно сказывается на работе компонентной базы и материалов. Конечно, все эти факторы учитываются при проектировании космических аппаратов, технологии постоянно совершенствуются.

Сейчас заданные сроки службы российских космических аппаратов на орбите могут достигать и 15 лет. Тем не менее аппараты с тонкой научной аппаратурой, с расходуемыми компонентами могут обладать меньшим сроком службы — от трех до семи лет.

Предельный срок службы, на который рассчитан наш бортовой комплекс управления в составе космического аппарата, находящегося сейчас в полете, — 12 с четвертью лет. Речь идет о космическом аппарате связи на геостационарной орбите для Республики

**«На данный момент только у России есть метеорологические аппараты, которые работают на высокоэллиптической орбите с Северного полушария Земли. Это дает нашим метеорологам большие возможности для исследования картины погоды всего земного шара».**

Казахстан. В текущем году этот временной предел должен быть достигнут.

Когда у аппарата завершается расчетный срок службы, аппарат не обязательно отключают. Специалисты анализируют состояние аппаратуры, запасы расходимых компонентов, необходимость и эффективность использования этого аппарата. Затем всеми участвующими сторонами принимается решение о продлении срока его эксплуатации. Например, аппарат «Спектр-Р», для которого МОКБ «Марс» разработало БКУ, отработал гораздо больше расчетного срока службы: более семи лет вместо трех.

Для аппаратов серии «Электро-Л», о которых мы говорили выше, срок активного существования — 11 лет. Плюс держим в уме, что БКУ еще около четырех лет эксплуатируется на Земле, пока проходит все нужные испытания.

— Кто главный враг космических аппаратов в космосе?

— О некоторых врагах я уже вкратце говорил выше. Это, во-первых, перепады температуры: если система обеспечения тепловых режимов вышла из строя и аппаратура будет перегреваться, долго она не проживет. Во-вторых, конечно, радиация: несмотря на все защитные меры, эффекты от нее накапливаются

в системах летательных аппаратов, что приводит к их деградации.

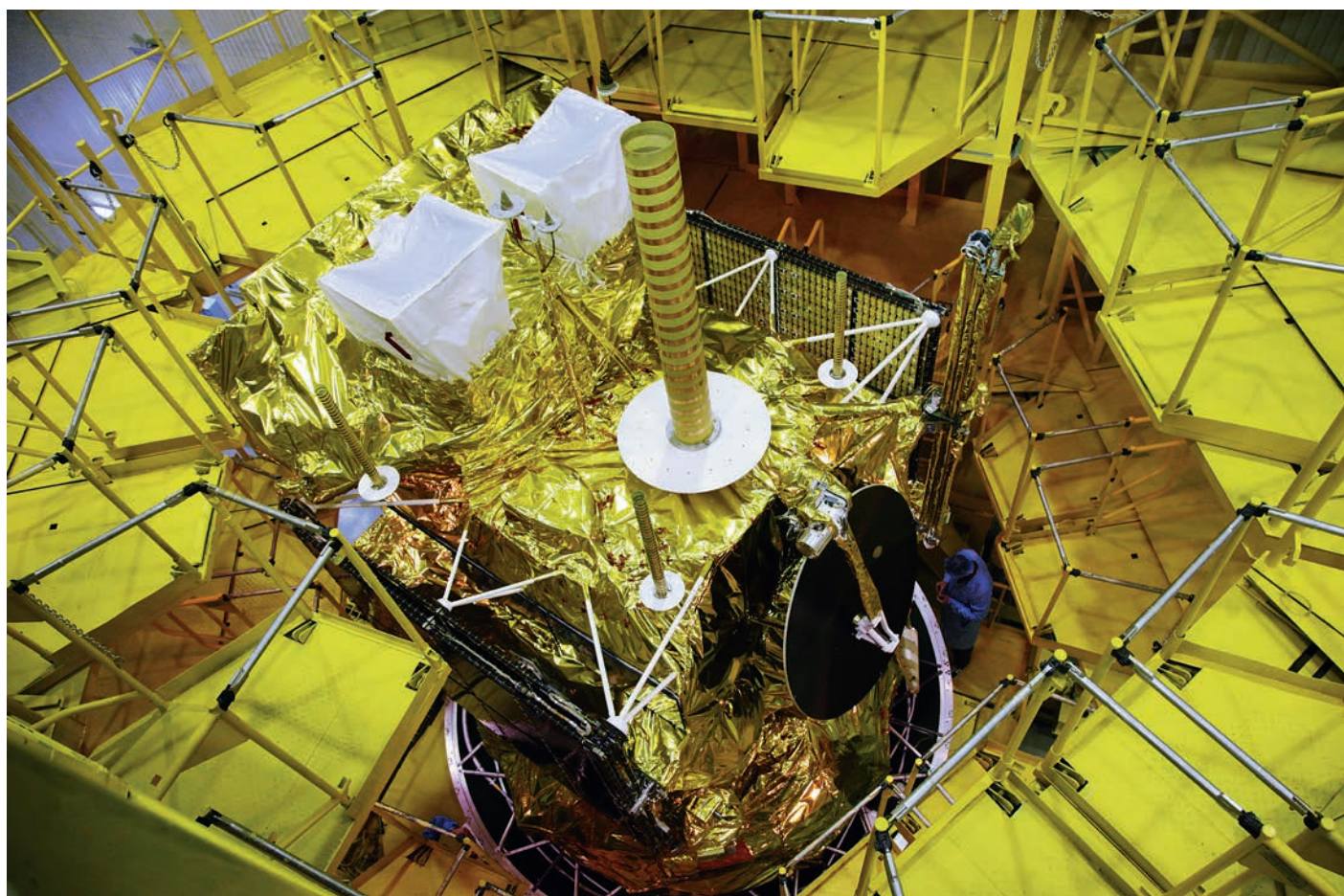
Еще один враг — это изолированность аппаратов, недоступность их для обслуживания в космосе. Автоматический летательный аппарат — не МКС, туда не доставишь запчастей. Правда, в нашем бортовом комплексе управления есть возможности, которые позволяют осуществлять удаленный «ремонт» на орбите. Заложены альтернативные схемы использования тех или иных приборов и органов управления, чтобы при выходе из строя одной части бортовой аппаратуры можно было перераспределить функции и заменить (частично или полностью) соседними приборами. Также есть возможность перепрограммирования бортового вычислителя.

— Как нынешние геополитические реалии сказались на работе МОКБ «Марс» и ваших коллег из Роскосмоса?

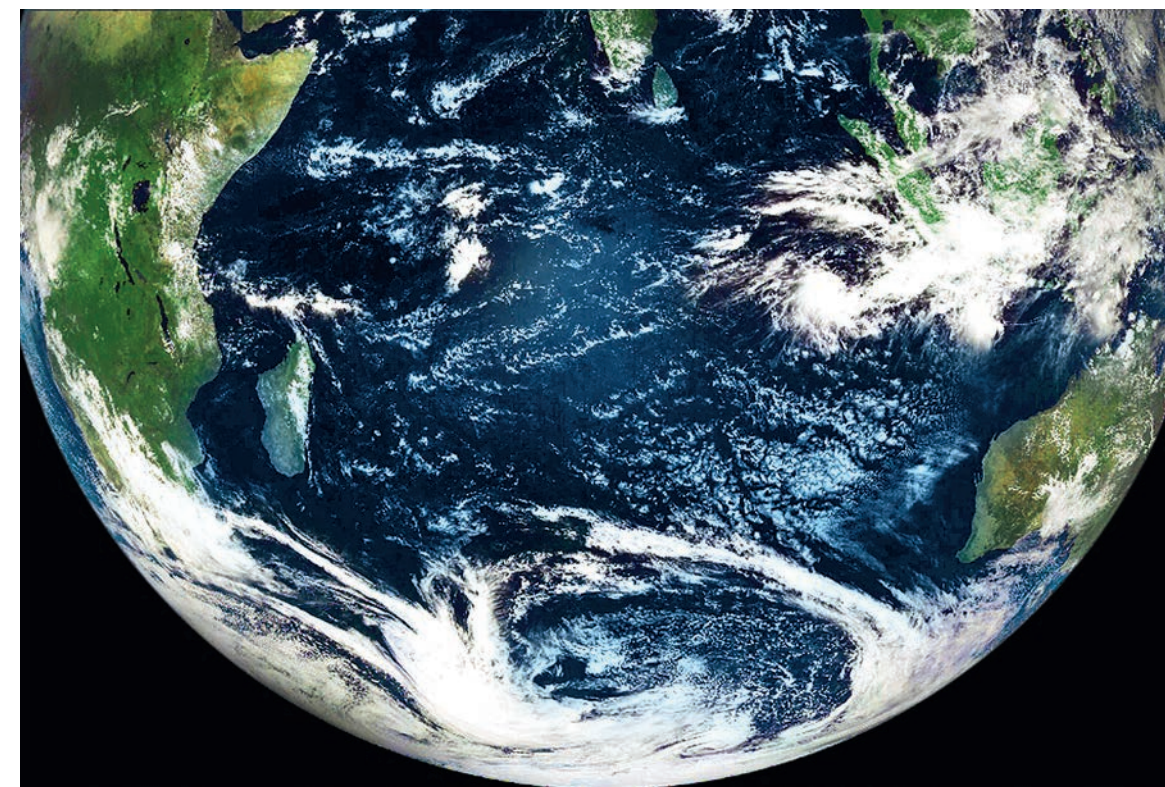
— Тут есть и плюсы, и минусы. Из минусов — аппараты, в которых применяется иностранная аппаратура, потеряли в функциональности: «Спектр-РГ» — яркий тому пример. Из плюсов — текущая ситуация стала толчком для поиска внутренних резервов по импортозамещению и обеспечению импортонезависимости. Мы четко увидели, в каких технологических циклах у нас есть белые пятна, и работаем над их

#### На фото

Космический аппарат «Арктика-М»



Фотография Земли со спутника «Электро-Л» №4



устранением. На мой взгляд, коллектив стал более собранным, подходит к решению задач более ответственно. Так что нет худа без добра.

— Над чем сейчас работает МОКБ «Марс»?

— Помимо серии проектов «Электро-Л» и «Арктика-М», о которых я уже рассказывал, мы совместно с АО «НПО Лавочкина» продолжаем работы по серии научных аппаратов «Спектр», в частности «Спектр-УФ», а вместе с ФИАН работаем над «Спектром-М». Также участвуем в создании бортовой аппаратуры для космических аппаратов — радиолокаторов «Кондор-ФКА». Радиолокационное наблюдение позволяет делать качественные снимки вне зависимости от облачности. В этом их большое преимущество перед съемками аппаратов дистанционного зондирования Земли в видимых и инфракрасных диапазонах. В этом и следующем году планируется запуск двух аппаратов серии «Кондор-ФКА».

Также МОКБ «Марс» уже несколько десятилетий изготавливает системы управления разгонного блока «Бриз-М». Это четвертая ступень ракеты-носителя — такого, например, как «Протон». На текущий момент «Протоном» с помощью разгонного блока «Бриз-М» изготовлен МОКБ «Марс» осуществлено 107 запусков, и два запуска были сделаны уже с ракетами-носителями семейства «Ангара», для которых мы также адаптировали систему управления для разгонного блока «Бриз-М».

МОКБ «Марс» участвует в проектах по созданию других систем космического назначения для

ракет-носителей и наземной инфраструктуры. Кроме того, для различных типов летательных аппаратов разрабатываются системы управления и приборы. Один из любопытных проектов нашего бюро — создание системы управления многозональной электропечкой. Эта печка предназначена для выращивания кристаллов на борту МКС. Выращенные в космосе кристаллы не подвержены воздействию гравитации и обладают уникальными свойствами. Они нужны и для научных, и для прикладных целей.

И, конечно, мы сопровождаем полеты наших систем, находящихся в космосе. Сейчас у нас в сопровождении находятся шесть космических аппаратов: спутник связи «KazSat-2», три спутника серии «Электро-Л», один спутник серии «Арктика-М» и обсерватория «Спектр-РГ». Ожидаем, что в этом году к этой компании добавятся еще два спутника: «Арктика-М» №2 и «Кондор-ФКА» №1.

— Какие у вас цели на ближайшую перспективу?

— Хотелось бы улучшать и развивать характеристики бортовых приборов БКУ, снижать их массогабаритные параметры, повышать точность наведения и удержания ориентации, повышать вычислительные мощности. Что касается планов, то для обеспечения запросов заказчиков и работы с разными космическими аппаратами целесообразно иметь типизированные устройства и блоки для быстрого видоизменения БКУ под конкретные задачи. Конечно, все наши задачи мы планируем реализовать на современной отечественной электронной компонентной базе.

Текст: Надежда Фетисова

Фото: АО «Русатом Сервис», Техническая академия Росатома

## «Учиться в России — это престижно»

Теория и практика: как обучают специалистов для работы на зарубежных АЭС, которые строит Росатом

**Отраслевой системе подготовки зарубежных специалистов уже больше 50 лет. Зачем Росатому понадобился единый центр подготовки персонала, чему там учат и нравится ли иностранным специалистам российское образование, рассказывает заместитель директора по обучению филиала АО «Русатом Сервис» в Турции Денис Новиков.**



— Денис Юрьевич, расскажите, как складывался ваш профессиональный путь.

— Можно сказать, что я всю жизнь занимался подготовкой персонала. Я окончил Воронежскую государственную технологическую академию по специальности «автоматизация технологических процессов и производств». Защитил кандидатскую диссертацию по специальности «управление в технических системах», еще год отработал ассистентом кафедры информационных и управляющих систем. После этого получил предложение от Нововоронежской АЭС занять должность инструктора по подготовке персонала цеха тепловой автоматики и измерений (ТАИ) третьего и четвертого блоков. Так как я большую часть детства провел в Нововоронеже, все производственные практики, в том числе преддипломную, проходил на Нововоронежской станции и родители мои работали там же, я с радостью принял это предложение.

В то время для того, чтобы стать инструктором, необходимо было иметь опыт работы начальником смены цеха, поэтому четыре года я провел в службе эксплуатации цеха ТАИ. После этого перешел в учебно-тренировочный пункт (УТП) на должность инструктора. Занимался подготовкой персонала цеха ТАИ, после перешел на должность начальника отдела подготовки оперативного персонала. Затем стал заместителем начальника, исполнял обязанности заместителя главного инженера по подготовке персонала — начальника УТП. С 2020 года я возглавлял Санкт-Петербургский филиал Технической академии Росатома (ТАР), в 2022 году перешел в «Русатом Сервис», где занимаюсь подготовкой персонала АЭС «Аккую» и оснащением учебно-тренировочного центра будущей станции.

— Уже несколько лет в отрасли работает единый центр подготовки персонала. Как обучали иностранный персонал в Росатоме раньше? Почему потребовалось создание такого центра?

— История работы по подготовке зарубежного персонала в отечественной атомной отрасли насчитывает почти 50 лет. Напомню, в 1971 и в 1972 годах на Нововоронежской АЭС были запущены блоки № 3 и 4 с ВВЭР-440, ставшие серийными: такие реакторы стали активно строиться не только на территории СССР, но и по всему миру. Встал вопрос подготовки персонала, и в 1978 году в Нововоронеже был открыт

Входной контроль знаний специалистов АО «АККУЮ НУКЛЕАР» в Технической академии Росатома, Обнинск, июль 2019 года



учебно-тренировочный центр (УТЦ). За время существования центра там прошли подготовку около 5 тыс. зарубежных специалистов.

Система была выстроена достаточно эффективно. Однако количество строящихся в других странах станций за последние годы существенно выросло: сейчас портфель зарубежных заказов Росатома насчитывает 34 блока. Стало ясно, что для подготовки сотрудников для строящихся АЭС необходим единый центр, который бы обладал всеми необходимыми техническими средствами обучения, инфраструктурой, инструкторским персоналом, учебно-методической базой. Концепция создания такого центра была разработана еще в 2012 году. В 2017 году путем слияния Центрального института повышения квалификации Росатома и Института глобальной ядерной безопасности и физической защиты при участии «Росэнергоатома» и АО «Русатом Сервис» была создана Техническая академия Росатома, цель которой — аккумулировать все необходимые ресурсы и знания. В 2018 году в состав академии вошел и Нововоронежский учебно-тренировочный центр. Сейчас Техническая академия Росатома представлена на пяти площадках: головное подразделение в Обнинске, филиалы в Москве, Санкт-Петербурге, Нововоронеже и Сосновом Бору.

— Что было сделано после создания ТАР?

— В 2018 году при непосредственном участии АО «Русатом Сервис» стартовал масштабный инвестиционный проект развития ТАР, включающий в себя несколько направлений. Во-первых, на всех площадках была проведена подготовка материально-технической базы: отремонтировали аудитории, оснастили их всеми необходимыми средствами обучения, новой мебелью и оргтехникой, включая современное сетевое оборудование. Сейчас в Техакадемии действуют три мультифункциональных тренажера АЭС, которые позволяют тренироваться на моделях разных блоков, например блоке № 6 Нововоронежской АЭС или блоке № 1 Ленинградской АЭС-2. В Нововоронежском филиале также действует полномасштабный тренажер блока № 6 Нововоронежской АЭС.

Во-вторых, амбициозной задачей стала подготовка инструкторского персонала нового поколения — 168 человек. В основном это были молодые ребята, которые недавно окончили институты, имели высокие средние баллы и хорошее базовое знание английского языка. Они прошли обучение по программам подготовки оперативного персонала (начальник смены блока, начальники смены цехов и т. д.) и курс технического английского. Обучение заняло 1,5–2 года. Кроме них, конечно, были и опытные специалисты с действующих российских АЭС. Получился сплав молодости и опыта.

Куратор проекта АЭС «Эль-Дабба» Мохамед Рамадан знакомится с учебными материалами для подготовки египетских специалистов. Санкт-Петербургский филиал Технической академии, 2021 год



В-третьих, были разработаны учебно-методические материалы по проекту ВВЭР-1200 на русском и английском языках, а также курсы дистанционного обучения.

**— Принимали ли вы лично участие в этой трансформации?**

— Работать с иностранным персоналом я начал, будучи еще заместителем начальника учебно-тренировочного пункта Нововоронежской АЭС. У нас, например, проходили практическую подготовку на полномасштабном тренажере и стажировку по рабочим местам работники Белорусской АЭС и АЭС «Руппур» (Бангладеш). Количество персонала, обучавшегося в нашем УТП, было значительным, и нам пришлось дополнительно набирать инструкторов. Молодые ребята — специализированный резерв «Росэнергоатома» — прошли полную подготовку по разным должностям: от оператора реакторного отделения до ведущего инженера по управлению реактором. Когда началась подготовка персонала зарубежных АЭС, эти ребята перешли на инструкторскую работу в УТП.

**— Расскажите, пожалуйста, подробнее, что из себя представляют программы обучения для зарубежных специалистов?**

— Программы обучения отличаются и по продолжительности, и по наполнению в зависимости от должности, на которую готовится специалист. Например, для машиниста-обходчика турбинного отделения длительность обучения составляет 600 часов, для начальника смены блока — уже почти 1600 часов.

Подготовка включает в себя и теорию, и практику. Теоретические курсы наши слушатели проходят в центрах обучения Обнинска, Нововоронежа, Санкт-Петербурга, практику — на тренажерах. После этого обучающиеся направляются на стажировку на российские АЭС. Далее, уже на площадке строящейся

станции за рубежом, им читается курс по контрактной АЭС, также они проходят теоретическое и практическое обучение в учебно-тренировочных центрах, расположенных на площадке.

После завершения обучения выпускник получает сертификат, удостоверяющий прохождение подготовки на соответствующую должность.

**— Отличаются ли программы обучения для разных стран? Что учитывается при их составлении?**

— Конечно, отличаются. Учитывается множество факторов, например из какой страны персонал: из государства-«новичка» или страны с развитой ядерной энергетикой. Стараемся учесть и особенности культуры, менталитета. Например, большинство обучаемых из Бангладеш, Турции, Египта — мусульмане. Поэтому в гостинице, где они проживают, обустроены молельные комнаты; корректируется расписание занятий — так, чтобы слушатели могли совершить молитву; учитываются предпочтения в еде и так далее.

**— Сейчас вы работаете в Турции. Расскажите, пожалуйста, о специфике работы в этой стране. Сказалось ли как-то недавнее землетрясение на графиках строительства или образовательном процессе?**

— Напомню, в Турции Росатом строит четырехблочную АЭС «Аккую» с реакторами ВВЭР-1200. Проект реализуется по модели ВОО (Build — Own — Operate, «строй — владей — эксплуатируй»), то есть Россия будет эксплуатировать АЭС на всех этапах жизненного цикла. Однако, согласно межправительственному соглашению, в эксплуатации станции также будут принимать участие турецкие специалисты, а значит, нужно готовить кадры. Турецкие студенты проходят обучение в российских вузах, после этого направляются для подготовки на конкретные должности в Техакадемию. Всего обучение в ТАР должны пройти почти 1200 человек — и россиян, и турок. Сейчас большую часть подготовки специалисты проходят в России. Но скоро свой учебно-тренировочный центр откроется и на турецкой площадке — тут будет обучаться персонал всех блоков, а также можно будет пройти курсы ежегодного поддержания квалификации.

Организацию процесса обучения эксплуатационного персонала в Технической академии и на площадке АЭС, а также оснащение учебно-тренировочного центра АЭС «Аккую» учебно-методической документацией и техническими средствами обучения, включая полномасштабный и аналитический тренажер, обеспечивает «Русатом Сервис».

Недавнее землетрясение никак не сказалось на графиках сооружения АЭС «Аккую», хотя, безусловно, Росатом оказывает поддержку пострадавшим.

**— Поделитесь, пожалуйста, историями из вашей инструкторской практики.**

— Обучение в России длительное, и мы стараемся организовать не только образовательный процесс, но и досуг наших слушателей. Например, зимой по выходным устраиваем лыжные походы. Можете себя представить, какие сильные эмоции это вызывает у ребят из теплых стран, которые никогда до этого не видели снега! Летом проводим турниры по футболу и другие спортивные мероприятия.

Конечно, определенным вызовом для нас стала пандемия коронавируса и необходимость перейти на дистанционный формат обучения. Мы обеспечили всех слушателей нужными для работы гаджетами, организовали онлайн-лекции. В общем, справились.

Наши слушатели в большинстве своем — очень мотивированные люди, особенно ребята из стран-«новичков». Виден неподдельный интерес к предметам и большое стремление учиться, чтобы в будущем стать первоклассными специалистами. Для них учиться в России — это очень престижно.

В основном приезжают, конечно, юноши, но и девушки тоже есть. Они учатся прекрасно, иногда даже лучше парней.

**— Что такое бренд «Техническая академия Росатома» сегодня? Чем можно гордиться?**

— Сегодня Техническая академия — это единый центр подготовки персонала и развития компетенций

в области ядерных технологий. Это амбициозный проект Росатома, направленный на улучшение ресурсного потенциала всей атомной отрасли. Это единственный в мире центр ядерных знаний, который имеет соглашение о сотрудничестве с четырьмя департаментами МАГАТЭ.

**— Какие планы у Технической академии на ближайшее будущее? В чем вы видите точки роста?**

— География присутствия Росатома расширяется. Сейчас, например, активно обсуждается строительство АЭС в Узбекистане и Казахстане. Соответственно, будет расширяться и Техакадемия, ведь для нормального функционирования любой атомной станции необходимы грамотные, хорошо подготовленные специалисты.

«Русатом Сервис» и Техническая академия Росатома всегда выступают единой командой. Совместно с ИТЦ «ДЖЭТ» мы продолжаем разработку полномасштабных и аналитических тренажеров для атомных и тепловых станций. Кроме того, будут появляться и новые программы обучения, связанные со строительством, ремонтом, техническим обслуживанием и выводом атомных станций из эксплуатации, подготовкой персонала для «Атомфлота», АЭС малой мощности и ветрогенерации. Планируем более широко использовать дистанционные технологии обучения, а также развивать образовательную инфраструктуру в странах-«новичках».

Занятия на площадке УТЦ АЭС «Руппур», Бангладеш, 2022 год





**Джумбеи  
Ткебучава**

Первый заместитель генерального директора по корпоративным функциям АО «Концерн Росэнергоатом»

## «Нужен комплексный подход к развитию системы ядерного образования»

— Система подготовки эксплуатационного персонала в госкорпорации «Росатом» прошла долгий путь становления и совершенствования, включив в себя лучшие отечественные и мировые практики. И сегодня без ложной скромности можно сказать, что наша система подготовки квалифицированных кадров для атомной промышленности является одной из лучших в мире.

Развитие новых бизнесов, зарубежный портфель заказов по строительству и вводу новых мощностей ставят перед концерном «Росэнергоатом» задачи в сфере образования и подготовки не только отечественных, но и иностранных специалистов для работы на новых энергоблоках. Такие задачи требуют комплексного подхода к созданию и развитию системы ядерного образования, особенно в «молодых» странах-заказчиках.

Мы, безусловно, поможем эксплуатировать энергоблок. Но каждой стране интересно подготовить своих специалистов, взять управление ядерной энергетикой на себя. Потому что мы всегда говорим, что энергоблок — это новые рабочие места, новые учебные заведения, новый уровень корпоративной культуры, развитие близлежащей территории. И нам понятно желание заказчика обучить свой персонал и поднять уровень культуры и образования у своего народа. Но всему этому надо научиться. И более того, накопить необходимый опыт.

Перед отраслью была поставлена задача параллельно с сооружением за рубежом новых энергоблоков по российским проектам практически с нуля подготовить более 6 тыс. специалистов. В атомной энергетике ни одна компания в мире никогда прежде не сталкивалась с задачей такого масштаба. Исходя из этой логики были сформулированы несколько последовательных решений:

- организовать возможность получения высшего образования для представителей зарубежных заказчиков;
- развить специфические технические навыки у персонала, прошедшего теоретическую подготовку;
- закрепить полученные теоретические навыки с помощью технических средств (тренажеров);
- организовать практическое обучение (стажировки) на действующих энергоблоках-прототипах.

Потребовалась командная работа в нескольких направлениях: в образовании (Техническая академия Росатома), производстве (атомные станции «Росэнергоатома») и менеджменте («Русатом Сервис»).

Существенный рост зарубежных заказов госкорпорации «Росатом» показал, что для выполнения данной задачи нужна новая концепция и создание единого центра подготовки персонала. Так, в 2017 году путем слияния Центрального института повышения квалификации Росатома и Института глобальной ядерной безопасности и физической защиты была создана Техническая академия Росатома. Ее учредителями стали концерн «Росэнергоатом» и «Русатом Сервис».

В этом триумвирате каждому определена своя глобальная роль. Техническая академия обеспечивает теоретическую подготовку, переподготовку и повышение квалификации иностранного персонала по ядерным специальностям. При этом начальное образование представители зарубежного заказчика получают в опорных вузах Росатома. «Росэнергоатом» предоставляет возможность для закрепления теоретических знаний на практике в ходе стажировок на действующих энергоблоках и полномасштабных тренажерах в УТЦ (учебно-тренировочных центрах). «Русатом Сервис» выполняет функцию по продвижению различных сервисов, в том числе образовательных, на внешнем рынке.

Как известно, кадры решают все. А для того, чтобы все задачи решались на высокопрофессиональном уровне, нужны высококвалифицированные кадры. Эти кадры и сосредоточены в нашем триумвирате «Техническая академия Росатома — концерн «Росэнергоатом» — «Русатом Сервис».

То, чего мы достигли к этому моменту, — это не предел, мы готовы перестраиваться и совершенствоваться. Считаем, что внедрение высшего образования в сфере ядерной энергетике в странах-партнерах даст качественный импульс для развития ядерной инфраструктуры.

Что касается развития Технической академии, то, на мой взгляд, нужно продвигать и модернизировать тренажерную базу и внедрять современные методы обучения на базе ИТ-технологий.

## «Теория без практики эксплуатировать АЭС не поможет»

— За прошедшие годы обучение на базе Технической академии Росатома в России было значительно модернизировано с точки зрения как организации самого процесса, так и материального оснащения академии.

На первый взгляд может показаться, что обучение персонала состоит лишь из теоретической части — мы передаем обучаемым только знания. Однако на самом деле это не совсем так. В рамках инвестиционной программы Техническая академия была оснащена техническими средствами обучения самого высокого уровня, которые позволяют не только делиться с обучаемыми знаниями, но и помогать осваивать навыки. Поясню, почему это важно. Для некоторых проектов есть большое количество обучаемых, у которых нет опыта работы ни на атомной, ни на тепловой электростанциях, ни в иных сферах промышленности. Это молодые люди, окончившие российский или зарубежный вуз и пришедшие к нам. По окончании обучения может возникнуть ситуация, что из-за дефицита навыков молодые специалисты не будут полностью готовы к самостоятельной работе. Иными словами, знания им передали, а навыки применения этих знаний отсутствуют.

Поэтому на следующем этапе развития продукта «Обучение зарубежного персонала» мы должны предусмотреть важные шаги. Во-первых, усилить внимание к техническим средствам обучения, оснащать на высоком уровне не только Техническую академию, но и УТЦ на площадках зарубежных АЭС, сооружаемые для формирования навыков у обучаемых.

Во-вторых, не менее важным шагом станет повышение эффективности заключительного этапа обучения. Персонал после курса обучения в ТАР необходимо обеспечить возможностью выйти на свои рабочие места в период, когда АЭС еще не запущена, и совместно с российскими специалистами погрузиться в работу — несколько месяцев, один год и более — «на местах», поучаствовать в завершении строительства — несколько месяцев, один год и более — «на местах», поучаствовать в завершении строительно-монтажных и пусконаладочных работ и таким образом получить необходимые навыки. Пусть и не в период эксплуатации, но в период завершения строительства. Мы часто сами задаем вопросом: сможет ли персонал по завершении обучения эксплуатировать АЭС? После воплощения наших планов у нас появится намного больше оснований ответить на этот вопрос утвердительно.



**Дмитрий  
Пашевич**

Первый заместитель генерального директора АО «Русатом Сервис»

## «Росатом помогает странам-партнерам создавать целую отрасль»

— Техническая академия Росатома выстраивает свою траекторию развития в соответствии со стратегическими задачами отрасли, являясь технологическим интегратором подготовки персонала АЭС, строящихся за рубежом по российским проектам. Обучение персонала зарубежных АЭС — важная задача, без своевременного решения которой пуск атомной станции невозможен. В соответствии с нормами МАГАТЭ, эксплуатирующая организация должна иметь достаточное количество квалифицированных работников для безопасной эксплуатации ядерного объекта. Для этого разрабатывается график набора персонала, связанный с ключевыми этапами строительства и пуска станции. Например, на этапе заливки первого бетона необходима готовность 5% рабочих-ремонтников, 15% эксплуатационного персонала, 65% инженерно-технических работников и всего строительного персонала. К началу монтажных работ на блоке инженерно-техническая поддержка потребуется уже в полном объеме, а необходимость в рабочих специальностях возрастет еще на 30%. Таким образом, к физическому пуску станции должен быть готов и аттестован весь участвующий в пуске персонал. А к энергетическому пуску — 100% персонала должно быть набрано, подготовлено и допущено к самостоятельной работе.

Сегодня при поддержке концерна «Росэнергоатом» и АО «Русатом Сервис» Технической академией

реализуются контракты на подготовку персонала АЭС «Руппур», «Аккую», «Эль-Дабба» и «Пакш-2». Завершена подготовка персонала Белорусской АЭС. Общая сумма контрактов составляет 12,9 млрд рублей, а количество персонала, который должен быть обучен, — 5118 человек.

Росатом не просто сооружает АЭС в странах-партнерах, а помогает им создавать целую отрасль. Страна-«новичок» должна подготовить устойчивую инфраструктуру. Это требует компетенций представителей правительства, министерств и ведомств, оператора, регулятора, других организаций. Каждый заказчик уникален, поэтому в рамках содействия развитию кадрового потенциала страны-партнера Технической академией разработаны учебные программы и материалы, адаптированные под потребности страны, по 21 элементу ядерной инфраструктуры.

Важной является и помощь странам-партнерам в становлении системы специализированного высшего и среднего образования в целях подготовки кадров для атомной промышленности. Техническая академия совместно с опорными вузами Росатома организует обучение преподавателей национальных образовательных учреждений в формате «Train-The-Trainers» в рамках программы «Международное сотрудничество в ядерном образовании».



**Владимир  
Аспидов**

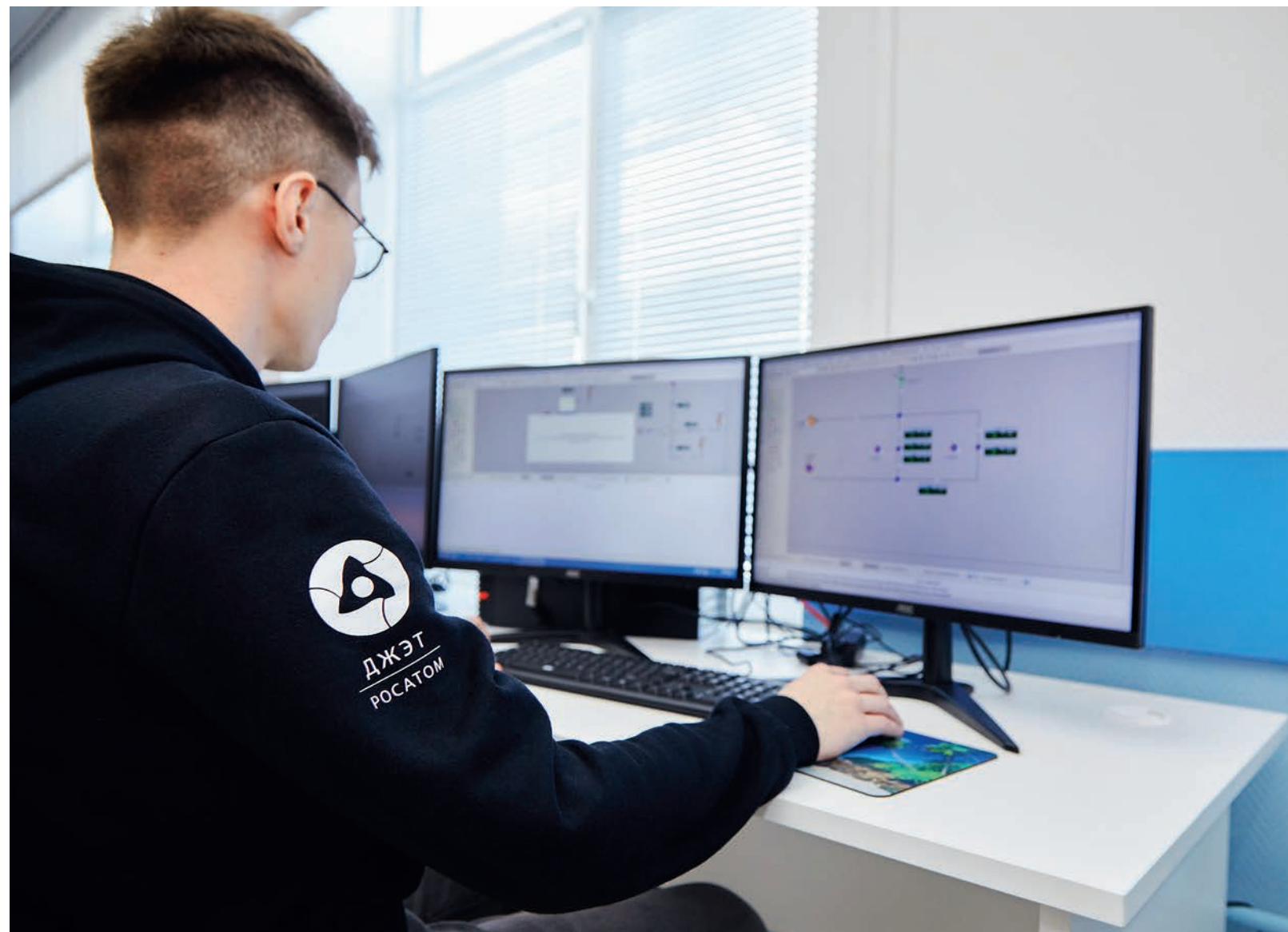
Первый проректор по основной деятельности Технической академии Росатома



Текст: Ирина Дорохова  
Фото: КГЭУ

# Моделирование по полной программе

Студенты КГЭУ учатся моделировать физические процессы с помощью программных продуктов Росатома



В Казанском государственном энергетическом университете (КГЭУ) с начала прошлого года действует «Школа моделирования». Это совместный проект университета с входящей в «Росатом Сервис» компанией «ДЖЭТ». В «Школе» студенты учатся

моделировать физические процессы, происходящие при работе АЭС, сверяя их с данными полномасштабных тренажеров производства «ДЖЭТ». На этих же тренажерах студенты оттачивают навыки работы на блочном щите управления.

## Второй запуск

КГЭУ много лет готовит работников для электростанций разных типов (тепловых, ветровых и проч.). Первые две группы атомщиков в университете обучили еще в конце 1980-х — для строящейся в Татарстане четырехблочной АЭС с реакторами ВВЭР-1000. Но в 1990 году при 80-процентной готовности станции строительство прекратили, подготовка студентов для работы на АЭС остановилась, а выпускники устроились на электростанции в других регионах.

Ректор КГЭУ Эдвард Абдуллазянов предложил возобновить подготовку специалистов для АЭС. Два года назад процесс активизировался. Дело в том, что в Татарстане рассматривается возможность строительства атомной энерготехнологической станции с высокотемпературным газоохлаждаемым реактором, и для нее, как и других АЭС Росатома, нужны подготовленные специалисты.

В 2022 году КГЭУ получил лицензию и государственную аккредитацию образовательной программы 14.05.02 «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг» и контрольные цифры приема. С 1 сентября 2022 года университет начал обучение студентов по атомной специальности. С концерном «Росэнергоатом» было заключено соглашение о прохождении практики и трудоустройстве. Первая практика на Балаковской АЭС уже состоялась.

В университете с 2008 года для обучения студентов используют тренажеры-симуляторы основных типов российских тепловых электростанций. «Они моделируют и имитируют работу тепловых электростанций в различных режимах эксплуатации, в том числе переходные и аварийные процессы. Тренажеры-симуляторы — конек нашего университета. Для каждого из них у нас создано учебное методическое пособие, поэтому наши выпускники готовы сразу начать работать на блочном щите управления электростанции», — сообщила заведующая кафедрой «Атомные и тепловые электрические станции» КГЭУ Наталия Чичирова. Не стали исключением и атомные станции — для развития лабораторной базы университет приобрел у компании «ДЖЭТ» моделирующий тренажер, имитирующий БЩУ реактора ВВЭР-1200.

## Энергопуск «Школы моделирования»

В сентябре 2022 года в КГЭУ открылась «Школа моделирования». Для нее КГЭУ получил 15 лицензий на программный комплекс «САПФИР» — академическую версию системы моделирования REPEAT (расшифровывается как Real-time Platform for Engineering Automated Technologies), разработанной «ДЖЭТ».

«САПФИР» — среда для графической автоматизированной разработки математических моделей, которые рассчитываются в реальном времени. Также в системе есть возможность отображать и управлять 3D-сценами с использованием графики OpenGL, создавать векторную графику с использованием

## Коротко о КГЭУ

В 1968 году Казанский государственный энергетический университет начал свою работу.

В КГЭУ входят пять институтов. Это Институт теплоэнергетики, Институт электроэнергетики, Институт цифровых технологий и экономики, Институт дополнительного профессионального образования и Проектный институт.

Около 10 тыс. студентов обучаются в КГЭУ.

градиента и прозрачности, а также отображать и управлять видео- и звуковым потоками. «САПФИР», как и REPEAT, — это импортонезависимый программный продукт.

Перед началом обучения специалисты «ДЖЭТ» провели установочный курс для преподавателей КГЭУ. «Мы видим ключ к успеху в регулярном обновлении знаний и компетенций, повышении квалификации преподавателей как проводников цифровых компетенций для студентов», — комментирует управляющий директор ИТЦ «ДЖЭТ» Алексей Ковалевич.

Затем о начале обучения сообщили студентам, многие заинтересовались. «С момента анонса открытия «Школы моделирования» студенты сразу проявили активный интерес к новому для себя направлению цифрового моделирования, еще и в стенах своей альма-матер. Первый набор студентов завершился стремительно», — отмечает Алексей Ковалевич.

Поскольку набор был ограничен, представители «ДЖЭТ» провели тестирование и по его итогам взяли



в «Школу моделирования» 15 наиболее подготовленных третье- и четверокурсников и одного магистранта, которые учатся по специальностям «тепловые электрические станции», «промышленная теплоэнергетика» и «энергетическое машиностроение». «Школьникам» вручили набор фирменных подарков, в том числе «форму» (толстовки), и занятия начались — два раза в неделю по два-три часа.

### Оценки «Школы»

«Программа, на которой мы обучаем студентов, конечно, уникальна, ее даже сравнить не с чем, потому что другой подобной нет. У нее широкие возможности, позволяющие смоделировать всевозможные процессы, которые происходят при работе АЭС. Можно, например, построить тепловую схему станции или конкретного оборудования, посчитать процессы, которые там происходят, и вывести их на графики. Фактически в нашей «Школе моделирования» мы учим создавать тренажеры для атомных станций», — рассказывает старший преподаватель кафедры атомных и тепловых электрических станций КГЭУ Руслан Бускин.

«Обучение в «Школе моделирования» позволяет более детально ознакомиться с системами, которые мы разрабатываем в рамках базовых университетских курсов.

Например, сегодня мы активно работали в тепло-гидравлическом кодогенераторе. Студенты составляли технологические схемы, выводили их на расчет, проводили отладку и даже верификацию результатов, сравнивая их с данными, полученными на тренажерах», — комментирует доцент кафедры АТЭС Александр Ляпин.

«Школьникам» учиться нравится, и в будущем они уже видят себя разработчиками ПО для атомных станций. «Конечно, создавать тренажеры — это более масштабный проект, чем быть оператором АЭС. Создавая тренажеры, ты заглядываешь в самую суть атомной станции, по винтикам ее разбираешь, смотришь, как, где и что работает. Это невероятно сложно, но очень интересно», — поделился впечатлениями один из участников проекта Егор Майоров. Его поддержала и «одноклассница» Ксения Вьюгова: «Мне тоже больше хочется заниматься созданием тренажеров, потому что это дает возможность развивать атомную энергетику в целом. Обучение в «Школе» — очень хорошая возможность».

Алексей Ковалевич считает, что старт был дан хороший, однако «Школе моделирования» еще есть над чем работать. «ИТ-сфера, программирование в атомной области — это совсем молодые направления в КГЭУ, ранее не популяризированные среди



студентов. Поэтому уровень общей подготовки студентов при поступлении в «Школу моделирования» требует совершенствования и увеличения количества компетенций, ведь в математическом моделировании технологических процессов требуется как понимание принципов работы оборудования, физических процессов, так и знание основ программирования», — отмечает управляющий директор ИТЦ «ДЖЭТ». Чтобы улучшить подготовку, «ДЖЭТ» планирует цикл лекций, семинаров и серию открытых уроков. «На них эксперты ИТЦ «ДЖЭТ» смогут поделиться с аудиторией практическими кейсами, которые встречаются в рамках выполнения бизнес-задач. Таким образом, программа обучения будет скорректирована в сторону ее наполнения реальными задачами, проблематикой и наиболее рациональными методами их решения», — поясняет Алексей Ковалевич.

В конце учебного года специалисты «ДЖЭТ» проверят, чему студенты научились, и выдадут сертификаты. По результатам среза знаний ИТЦ «ДЖЭТ» вместе с руководством КГЭУ будет принимать организационные решения о возможном втором годе обучения «школьников», наборе новых учеников и переводе отличившихся выпускников «Школы моделирования» в проект «Фабрика». «Фабрика» уже более пяти лет помогает молодым специалистам готовиться к полноценной работе с проектами в компаниях отрасли. В каждом случае будут обсуждаться комфортные условия работы, совместимые при необходимости с учебной в вузе. Мы верим, что после «Школы моделирования» каждый из студентов найдет свой звездный путь, и готовы помогать им светить ярко», — заверяет Алексей Ковалевич.

### Моделирование расширяется

КГЭУ вошел в программу господдержки «Приоритет-2030» (проект «Цифровая кафедра») и разработал учебную программу «Прикладная информатика в тепловой и атомной энергетике», по которой учатся сейчас 136 студентов Института теплоэнергетики. После обучения они получают документ о втором высшем образовании.

Кроме того, Росатом и КГЭУ в октябре 2022 года подписали соглашение о том, что университет будет готовить для госкорпорации специалистов по использованию российских систем для проектирования

### Кстати

«Школа моделирования» с участием «ДЖЭТ» запущена также в Томском политехническом университете.

### Комментарий



**Алексей Ковалевич**

Управляющий директор ИТЦ «ДЖЭТ»:

— В целом наша команда довольна результатами открытия своей первой инженерно-математической школы в стенах КГЭУ. «Школа моделирования» в Казанском государственном энергетическом университете — это пилотный проект подобного рода инженерно-математических школ, которые наша компания открывает в ведущих вузах страны. За короткий период удалось сделать важные шаги на пути к плодотворной работе «Школы» — обеспечить эффективную обратную персонализированную связь со студентами, регулярное совершенствование учебных программ, поддержку педагогического состава по всем возникающим вопросам.

и математического моделирования. КГЭУ в 2023 году получил лицензию на обучение по программе магистратуры по группе специальностей «Ядерная энергетика и технологии», для запуска магистратуры осталось получить контрольные цифры приема. В учебном плане предусмотрены курсы по изучению цифровых импортонезависимых программ REPEAT и «Логос» (семейство программ, разработанных РФЯЦ-ВНИИЭФ для трехмерного моделирования физических процессов в таких областях, как движение жидкостей и газов, прочность, теплофизика и проч.). Университет заключил с РФЯЦ-ВНИИЭФ соглашение, в рамках которого он предоставил 20 бесплатных лицензий на «Логос». Также кафедра Наталии Чичировой начала сотрудничество с «Атомстройэкспортом», который развивает линейку продуктов Multi-D для проектирования и строительства атомных станций.

«Мы выпускаем достаточно много бакалавров по группе специальностей «Электро- и теплоэнергетика», и я думаю, что многие захотят учиться в магистратуре по смежной специальности, где большое внимание и много времени будет уделено цифровым продуктам Росатома», — комментирует Наталия Чичирова. На магистрантов 2025–2030 годов выпуска уже есть заявки от компаний, входящих в Росатом.

**Текст:** Александр Южанин  
**Фото:** АО «ВНИИНМ»

Специалисты в области сварочных технологий АО «ВНИИНМ» Юрий Панченко (слева) и Павел Иваненко



## Проверить, не повреждая

Во ВНИИНМ разрабатывается и применяется уникальное оборудование для проверки качества сварных соединений различных изделий

Для достоверного контроля качества сварочных работ, выполняемых на производстве, используют различные методы, один из них — неразрушающий контроль. Что это такое, в чем его особенности и как он осуществляется в атомной отрасли,

«Вестнику атомпрома» рассказали специалисты в области сварочных технологий АО «ВНИИНМ» — главный специалист Юрий Панченко, ведущий научный сотрудник Михаил Васильев, ведущий инженер Павел Иваненко.

### Быстро и точно

Изделия атомной промышленности высокотехнологичны и дорогостоящи. Преимущество неразрушающего контроля состоит в сочетании высокой скорости и точности проверки качества сварных соединений. Изделия, проходящие подобный контроль, не меняют свои физические и механические свойства и в случае признания годными отправляются заказчиком целыми и невредимыми.

«Наш отдел занимается сваркой, пайкой и неразрушающим контролем различных изделий (деталей) для атомной отрасли, — рассказывает главный специалист Юрий Панченко. — Что же такое неразрушающий контроль? После того, как выполняется сварка ответственных изделий, необходимо проверить ее качество, определить, есть ли внутри изделия какие-либо дефекты в виде пор, раковин, непроваров и т. д. Как это осуществить?

Первый способ — разрезать изделие и посмотреть, какова структура шва внутри. Когда запускается серийное производство изделий, как правило, выборочно режут несколько штук из партии. С учетом стоимости каждого изделия, к примеру, в 1 млн рублей — минимум два изделия идут на выброс, то есть убыток составляет 2 млн рублей.

Второй способ — оставить изделие целым и проверить его на наших установках неразрушающего контроля, позволяющих исключить дорогостоящую операцию металлографического анализа. Какова штатная процедура? Заказчики (как правило, предприятия атомной промышленности) дают нам задание на контроль сварных соединений. Мы осуществляем оперативный анализ на предмет определения технической возможности и наличия доступного оборудования, необходимого для проведения контроля. Однако часто бывает, что требуемого оборудования нет, так как изделие новое либо слишком сложное. Вот в этих случаях приходится оборудовать под поставленную задачу изготавливать самостоятельно. Разработанные и изготовленные нами установки передаются заводам, где проходят опытно-промышленное опробование, а далее уже сотрудники предприятия самостоятельно проводят тестирование качества производимых изделий, не разрушая их».

### Индивидуальный подход

«Мы разрабатываем установки неразрушающего контроля, в частности изготавливаем электронные блоки и проектируем механические сканеры, которые производятся в наших мастерских. Соединив электронные и механические узлы с современным компьютером, получаем аппаратно-программные комплексы, предназначенные для контроля изделий. Я участвую в разработке и изготовлении уникальных ультразвуковых преобразователей. Часто получается, что для определенного изделия или конкретного вида сварного соединения приходится изготавливать либо индивидуальный вид сканирующего устройства,

подходящего именно для разрабатываемого типа проверки. Мы стараемся делать сканеры небольшими, чтобы они помещались на столе или в вытяжных шкафах. Электронику, кроме некоторых компьютерных комплектующих, мы делаем сами», — объясняет ведущий инженер Павел Иваненко.

«Электронику делаю я, — добавляет Юрий Панченко. — Как все это работает? Генератор излучает высоковольтные короткие импульсы, они поступают на ультразвуковой преобразователь — он преобразует импульсы в пучок высокочастотных ультразвуковых колебаний, направляемых на контролируемое изделие или сварное соединение. Импульсы отражаются от неоднородностей на пути распространения ультразвуковой волны. Затем отклик принимается датчиком и преобразуется из ультразвуковых в электрические колебания, которые усиливаются, обрабатываются компьютером и поступают на экран монитора».

### В режиме реального времени

«Я занимаюсь программным обеспечением, — говорит ведущий научный сотрудник Михаил Васильев. — Пишу программы для разрабатываемой аппаратуры ультразвукового контроля. Программа управляет блоками аппаратуры, обеспечивает взаимодействие этой аппаратуры с оператором, осуществляет математическую обработку сигналов и, наконец, выдает результат контроля в виде ультразвуковых изображений на экран монитора, и все это в реальном времени.

Кроме получения общепринятых ультразвуковых изображений (A-scan, B-scan, C-scan), в современных интроскопах реализованы алгоритмы изображений новых типов, например послойные изображения, суммарные изображения, непрерывные последовательности изображений поперечных сечений сварного соединения. Так, для получения послойных изображений анализируется время пробега ультразвуковых импульсов, отраженных от объекта на разной глубине, и преобразуется в соответствующие цветовые коды, реконструируемые в ультразвуковые изображения.

### Коротко

**Неразрушающий контроль** — это проверка качества изделия без его разбора, демонтажа или разрушения. Для этого используются методы, которые проверяют основные характеристики изделия без вмешательства в его целостность. Существует также другое направление — **разрушающий контроль**, который обычно используется для определения пределов прочности и надежности, в процессе изделие гнут, ломают или полностью разрушают.



Конкретный участок изделия выводится на монитор, где высвечивается зона контроля и дефекты при их наличии. Годное сварное соединение при этом будет отмечено зеленым цветом, а любое отклонение от нормы будет окрашено в желтые и красные цвета в зависимости от глубины проплавления металла».

### С высокой частотой

«Наша изюминка в том, что мы делаем высокочастотные дефектоскопы, которые работают на частотах до 50 МГц, — отмечает Юрий Панченко. — При этом обычные промышленные установки работают на частотах до 20 МГц, а часто и до 10 МГц. Повышенная частота позволяет нам выявлять дефекты с малым раскрытием и тестировать изделия и покрытия очень малой толщины. Если понижать частоту, то снижается и разрешающая способность. Иностранцы делают оборудование с частотой до 30 МГц, а мы уже давно разрабатываем и создаем приборы до 50 МГц.

Но даже если импортное оборудование обладает высокими техническими характеристиками, его использование для нас оказывается неприемлемым, поскольку требует раскрытия дополнительной технической информации перед производителем. Без этого невозможна доработка аппаратуры для решения наших задач.

Мы создаем уникальные современные приборы с новыми типами сканирования — в зависимости от задач, для решения которых они предназначены. При этом у нас штучное ручное производство».

### Как это работает

«Что из себя представляет процесс нашей работы? Нам приносят образец, который необходимо протестировать, и мы проводим над ним десятки различных экспериментов при помощи наших приборов, — рассказывает Павел Иваненко. — После осуществляется анализ результатов и появляется целостная картина, позволяющая приступить к разработке компьютерной программы. Программа позволит обработать полученную информацию и предоставить результаты произведенного контроля. Мы создаем методику проверки изделий, отработываем ее у себя, а затем уже внедряем у заказчика.

**Юрий Панченко: «К нам обращаются, когда появляются проблемы, которые другие специалисты не могут решить. Мы делаем уникальные вещи, которые у других разработчиков не получается повторить».**

Бывает, что мы принимаем участие и в проверке серийных изделий непосредственно на производстве. Выборочный металлографический контроль не может заменить на 100% приборный контроль. Сварка — очень тонкий и технологически сложный процесс. Доли миллиметра вправо-влево — и шов нарушается. Даже при соблюдении всех режимов сварки некоторые изделия могут быть с отклонениями от заданных параметров. И наши методики позволяют эти изделия выявлять. И самое главное: наше оборудование дает возможность проверить качество сварки всех изделий, не разрушая их физически.

В свое время мы делали установку для контроля орбитальных оболочек транспортных твэлов. Это достаточно сложная задача. Была разработана установка «Иволга», которая позволяла проверять оболочки твэлов изнутри. Оболочка вращалась, а трехэлементный датчик перемещался внутри на длинном поводке. Мы метрологически аттестовали эту установку на заводе, но она долго не проработала, так как датчики оказались слишком сложными для промышленного производства».

### Штучные специалисты

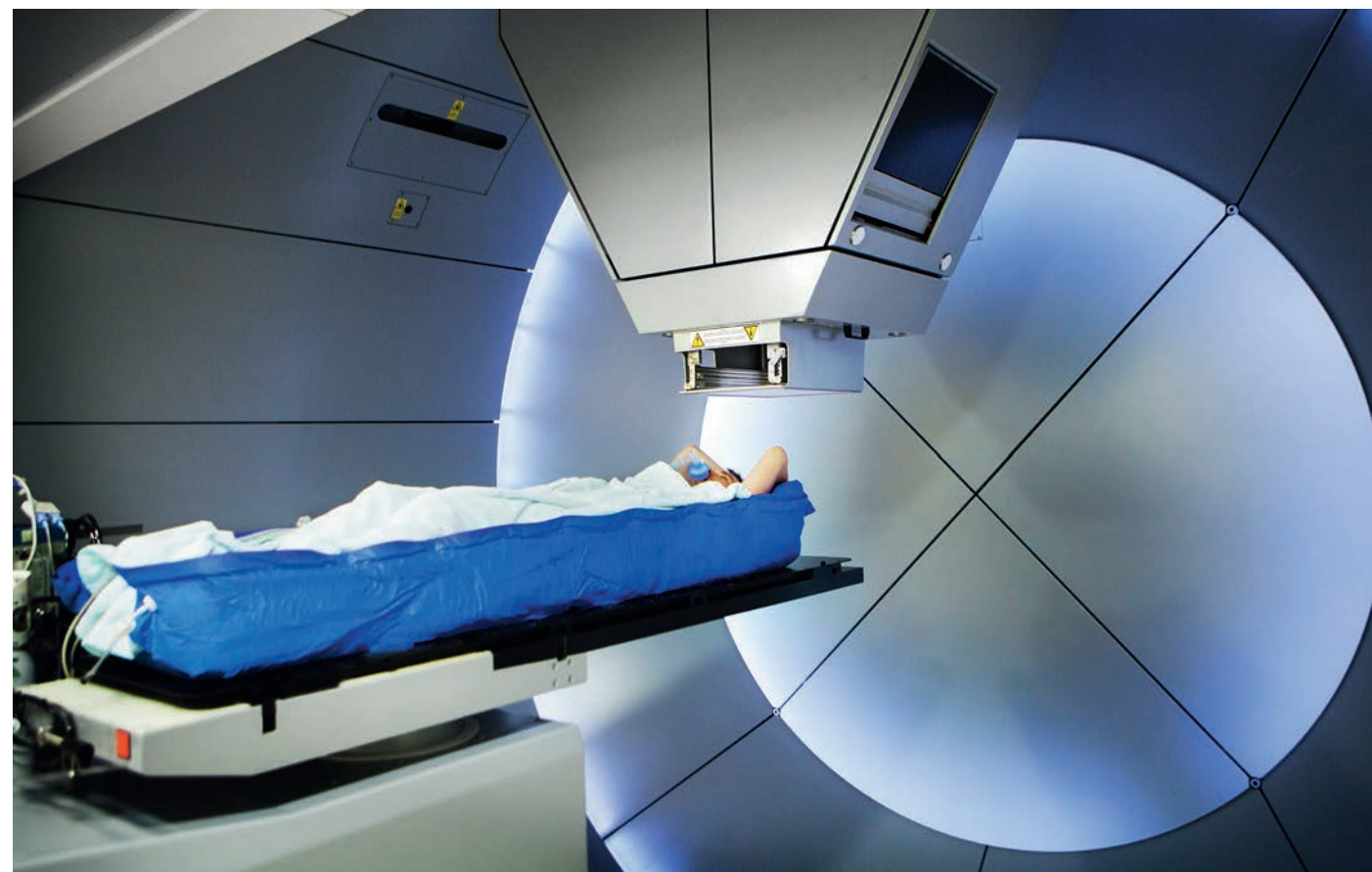
«Я пришел во ВНИИНМ в 1986 году, — вспоминает Юрий Панченко. — В то время существовал целый отдел неразрушающего контроля, который работал по крайней мере уже десятилетие. Работы одновременно проводились по разным направлениям: ультразвуку, вихревым токам, контролю проникающими веществами и рентгеновским излучением. Это были подразделения по 20–30 человек, которые занимались конкретными задачами. И таких задач на тот момент было очень много.

А потом пришли 1990-е годы, и стало очень сложно с финансированием. Однако отрасль пережила этот непростой период и вышла на новый уровень развития. Сегодня группа неразрушающего контроля не так многочисленна, как когда-то. Мы берем в работу только самые важные задачи и те, с которыми не могут справиться своими силами специалисты на заводах. Профессионалов, работающих по нашей тематике и способных решать подобные задачи, раздвигать — этим занимаются считанные люди. К нам обращаются, когда появляются проблемы, которые другие специалисты не могут решить. Мы делаем уникальные вещи, которые у других разработчиков не получается повторить. Уникальное программное обеспечение, уникальная электроника, уникальные датчики, уникальные специалисты».

«За последние 20 лет мы создали более десятка различных установок, — резюмирует Павел Иваненко. — Много это или мало? Оценка нашей работы — это ее результат. Если установка лежит на складе, сломалась и никому не нужна — это одно. Если же она работает на производстве и успешно контролирует серийную продукцию на протяжении многих лет — это совсем другое. Оценка нашей работы не в количестве, а в качестве, в конечном результате работы выпущенных нами установок».

Текст: Марина Полякова  
Фото: Photogenica, ОИЯИ

Протонная терапия дает возможность воздействовать на опухоль, не затрагивая окружающие здоровые ткани



## Вспышка исцеления

*Новый протонный циклотрон для лучевой терапии и проведения медико-биологических исследований разработан в ОИЯИ*

**К 2030 году в Объединенном институте ядерных исследований (ОИЯИ) в Дубне появится центр для проведения экспериментальных и клинических исследований в области ядерной медицины. Пилотной установкой и основой центра станет протонный медицинский ускоритель MSC-230, который построят уже в 2024 году. Одна из перспективных областей его применения — протонная флэш-терапия, позволяющая излечивать тяжелые онкологические заболевания за доли секунды.**

### Быстрее, мощнее, безопаснее

Ионизирующее излучение применяют для лечения опухолей уже более 100 лет. Первый сеанс был

проведен в 1896 году, тогда облучению подверглась пациентка с неоперабельным раком молочной железы. С развитием технологий лучевая терапия стала одним из самых распространенных и эффективных методов лечения рака. Ионизирующее излучение уничтожает клетки опухоли, разрушая клеточную мембрану и вызывая некроз, а также нарушает их деление из-за повреждений в ДНК. Клетки опухоли делятся быстрее, чем окружающие их здоровые клетки, поэтому облучение действует на них более губительно. Благодаря этому лучевая терапия столь эффективна.

Действие ионизирующего излучения зависит в том числе от величины поглощенной дозы, ее мощности, а также распределения во времени. Существует несколько методик лучевой терапии. При однократном облучении всю дозу сразу же подводят к опухоли, при фракционном — дозу делят на отдельные части.

Фракционно-протяженный метод подразумевает разделение дозы на части и удлинение времени каждой фракции облучения за счет снижения мощности. Также существует метод непрерывного облучения: в этом случае лечение длится несколько часов или даже дней, этот метод используется при проведении внутритканевой и внутрисплеточной лучевой терапии.

Несмотря на доказанную эффективность, протяженное во времени облучение часто сильно затрагивает здоровые ткани, окружающие опухоль. Поэтому ученые совершенствуют методы лучевой терапии, стараясь максимально исключить нормальные ткани из области воздействия радиации, уменьшить объемы облучения, подводя при этом существенно более высокую дозу к опухоли. Для сокращения

общей продолжительности лучевой нагрузки может применяться импульсная лучевая радиотерапия — флэш-терапия.

### Протонная терапия

Методика флэш-терапии заключается в быстрой и точной доставке сверхвысокой дозы излучения к опухоли. Если обычная лучевая терапия использует мощность дозы от 1 до 7 Гр/с, то флэш-облучение проводится при мощности свыше 40 Гр/с. По мнению исследователей, короткий промежуток времени воздействия при флэш-терапии способен вызвать в тканях быстрое потребление кислорода и временную гипоксию (недостаток кислорода). Снижение содержания кислорода в клетках за счет использования флэш-режима повышает результативность терапии.

Наиболее эффективная разновидность флэш-терапии — протонная флэш-терапия. Из-за большой массы протоны обладают небольшим поперечным рассеянием в ткани и зависящей от энергии длиной пробега, поэтому пучок можно очень точно сфокусировать на опухоль, не задевая окружающие ткани. Кроме того, практически вся доза протонов выделяется в конце пробега пучка в пике Брэгга. Так наибольшую дозу облучения получают не поверхностные ткани, а глубоко залегающая опухоль.

«Здоровая ткань лучше противостоит флэш-облучению, в то время как опухоль обладает таким же уровнем чувствительности, что и к обычному лечению. Метод вызывает огромный интерес у специалистов, так как не только уменьшает воздействие на здоровые ткани, но и сокращает количество процедур лечения с 10–30 при обычном лечении до 1–3. Более того, флэш-эффект работает даже в случае радиорезистентных опухолевых клеток, которые мало подвержены лучевой терапии», — рассказывает Галина Карамышева, начальник Научно-экспериментального отдела новых ускорителей Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Как правило, протоны применяются для лечения только опухолей первой и второй стадии, но не используются для борьбы с множественными метастазами. Однако флэш-терапия дает возможности в том числе для лечения на более тяжелых стадиях с метастазирующими опухолями.

В процессе лечения методом флэш-терапии за один импульс длительностью в сотни микросекунд к новообразованию подводится порядка  $10^{13}$  протонов. Этого достаточно, чтобы всего одним импульсом вызвать гибель опухоли. «Поскольку при флэш-методике требуется облучение ударной дозой заряженных частиц за очень короткий промежуток времени, необходимо обеспечить высокую интенсивность ускоренного пучка. Перспективы флэш-терапии определили актуальность изохронного циклотрона как ускорителя с непрерывным, а следовательно, интенсивным пучком. Наш циклотрон позволит реализовать

## Подробности

Первые эксперименты с протонной лучевой терапией стартовали в Университете Беркли в США в 1954 году.

В СССР протонной лучевой терапией первыми начали заниматься три физических центра: ОИЯИ в Дубне в 1967 году, Институт теоретической и экспериментальной физики им. А. И. Алиханова (ИТЭФ) в Москве в 1969 году и Ленинградский институт ядерной физики (сейчас — ПИЯФ) в Гатчине в 1975 году.

Особенно быстро развивался Центр протонной лучевой терапии в ИТЭФ, уже в 1970-е годы там вели облучение шесть крупнейших клиник Москвы. К 1990 году в России с помощью протонной терапии было пролечено 4320 больных.

На пучке фазотрона в ОИЯИ впервые в России была реализована методика трехмерной конформной протонной лучевой терапии.

В 1990-е годы центр в Гатчине был закрыт, центр в ИТЭФ работал до 2012 года, а центр в ОИЯИ принимал пациентов до июня 2019 года.

В 2017 году лечебно-диагностический центр МИБС в Санкт-Петербурге открыл первый в России коммерческий клинический центр протонной лучевой терапии. Там проходят лечение 800 человек в год. А двумя годами позже открылась первая государственная клиника Федерального медико-биологического агентства с протонной терапией в Димитровграде.

Центр в ОИЯИ станет третьим центром протонной терапии в стране, а MSC-230 — первым протонным циклотроном, способным обеспечить флэш-режим в широком диапазоне энергий, длительности вспышки и мощности поставляемой дозы.

**Пик Брэгга** — точка в конце пробега протонов, где ионизирующие частицы передают ткани большую часть своей энергии. Таким образом доза облучения в глубине в несколько раз выше дозы на входе.

**Изохронный циклотрон** — циклотрон, в котором частота обращения частицы не изменяется с ростом ее энергии. Применяется для ускорения тяжелых частиц — протонов, ионов.

**Мощность дозы** — доза, полученная в единицу времени. Чем больше мощность дозы, тем быстрее растет доза излучения.

**Поглощенная доза** — величина энергии ионизирующего излучения, переданная веществу (отношение энергии излучения, поглощенной в данном объеме, к массе вещества в этом объеме).

те режимы, которые недоступны на других ускорителях протонов. Это значит, что на нашем ускорителе можно будет обрабатывать не только методики лечения пациентов наиболее современными методами, но и технологии создания новых специализированных медицинских ускорителей», — отмечает Галина Карамышева.

### Из НИИЭФА в Дубну

Создаваемый в ОИЯИ ускоритель MSC-230 представляет собой сверхпроводящий изохронный протонный циклотрон для лучевой терапии и проведения медико-биологических исследований. Установка способна генерировать непрерывный пучок протонов, поэтому ее считают наиболее перспективной именно для флэш-терапии. Название MSC-230 проект получил, так как будет иметь максимальную энергию протонного пучка в 230 МэВ. Масса установки около 100 тонн, диаметр — 3,9 м, а высота — 1,7 м.

Циклотрон будет включать в себя магнитную систему из расположенных симметрично четырех пар секторов и ярма магнита со сверхпроводящими обмотками основных катушек. В зоне вывода форма секторов магнита не круглая, а повторяет орбиту ускоряемых частиц.

У MSC-230 перед другими медицинскими циклотронами будет несколько технических преимуществ. Во-первых, высокий темп ускорения за счет четырех резонаторов, позволяющих избежать потерь в процессе ускорения. Во-вторых, внутренний источник протонов, обеспечивающий высокий коэффициент захвата в режиме ускорения. В-третьих, низкий уровень магнитного поля для обеспечения высокой интенсивности пучка и эффективного вывода пучка из ускорителя.

Все основные технические решения разрабатывали с использованием компьютерного моделирования систем циклотрона и детального расчета динамики пучка в циклотроне. Динамика пучка характеризует его поведение и устойчивость в ускорителе под действием внешних и собственных электромагнитных полей. В конструкцию ускорителя также заложены сверхпроводящие технологии, разработанные для мегасайенс-проекта NICA в Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ.

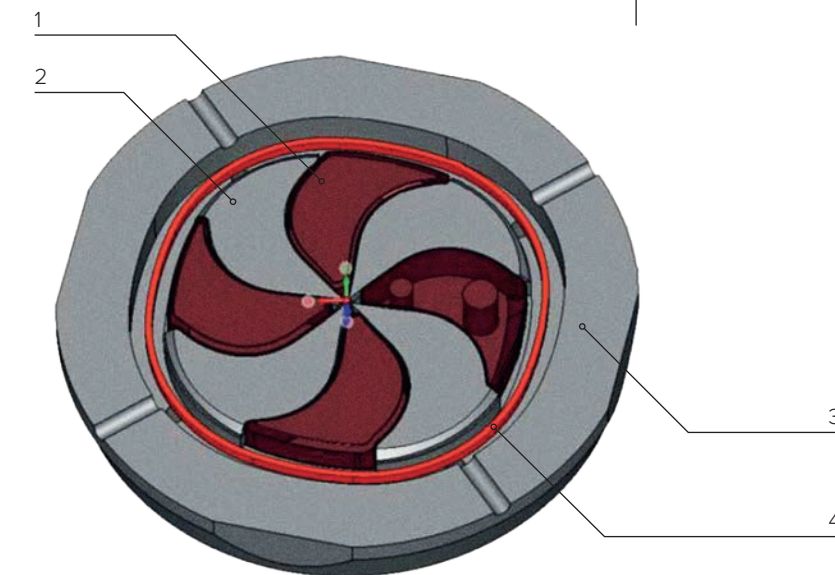
Проект опирается на опыт сотрудничества ОИЯИ с Институтом физики плазмы в г. Хэфэй в Китае, итогом которого стал запуск первого сверхпроводящего циклотрона в Институте физики плазмы. Также ОИЯИ совместно с бельгийской компанией IBA работал над циклотронами для адронной терапии — один из них действует сейчас в Димитровграде.

Росатом тоже участвует в проекте — в апреле 2022 года ОИЯИ и НИИЭФА заключили договор на разработку и изготовление ускорительного комплекса на базе MSC-230. Договором предусмотрены разработка технической документации,

изготовление узлов и систем ускорителя в НИИЭФА. Сборка, наладка и последующий пуск циклотрона будет осуществляться в Дубне. «В текущем году в Институте электрофизической аппаратуры им. Д. В. Ефремова в Санкт-Петербурге началось техническое проектирование и производство основных систем циклотрона. НИИЭФА имеет необходимые производственные мощности и бесценный опыт создания компактных циклотронов на энергию до 30 МэВ для наработки изотопов. Создание компактного циклотрона для протонной терапии на энергию 230 МэВ — это качественный скачок в развитии технологий и методологий, совершить который НИИЭФА поможет богатый опыт работы ОИЯИ над ускорителями для адронной терапии», — считает Галина Карамышева.

### На иллюстрации

Трехмерная компьютерная модель циклотрона MSC-230 (магнит и ускоряющая система):  
1 — ускоряющие резонаторы;  
2 — сектора магнита;  
3 — ярмо магнита;  
4 — сверхпроводящая обмотка магнита.



# На крыльях ветра

Зеленая энергетика глазами филолога



При слове «гондола» большинство людей представят себе венецианские каналы, лодку с узким корпусом и поднятыми носом и кормой и длинное деревянное весло в руках у гондольера. А словосочетание «зеленый квадрат» сначала вызовет легкое недоумение, а затем у слушателя возникнет мысленный образ равностороннего прямоугольника зеленого цвета, но вопросы останутся. Что это за квадрат? Почему он именно зеленый? Какого он размера и где расположен?

Но если ваш собеседник работает в Росатоме, то он скажет, что гондола — это часть ветроэнергетической установки, а «зеленый квадрат» — это не геометрическая фигура, а концепция развития безуглеродной энергетики. О том, как возникают слова, как они живут и путешествуют из разговорной или литературной лексики в профессиональную и обратно и как русский язык успешно осваивает заимствования, регулярно рассказывают в Информационных центрах по атомной энергии.

## Молодо-зелено

Прилагательное «зеленый» достаточно давно обособилось в нашем языке. Оно происходит от общеславянского слова «zeľъ», а его ближайший «родственник» — это прилагательное «желтый», образованное от того же корня. Но при этом значение «экологически чистый» по отношению к слову «зеленый» возникло совсем недавно и еще не закреплено в толковых словарях.

Одним из первых прилагательное «зеленый» применительно к экономике в целом и энергетике в частности использовал британский экономист Майкл Джейкобс — в 1991 году он написал книгу «Зеленая экономика: окружающая среда, устойчивое развитие и политика будущего». Но широкое использование этого термина началось в 2009 году, когда политика «зеленого» роста была официально принята Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) в качестве стратегического направления развития стран, которые входят в эту организацию.

В широком смысле под зеленой энергетикой понимают получение энергии без загрязнения окружающей среды, а в более узком смысле — генерацию электроэнергии с использованием возобновляемых источников. В госкорпорации «Росатом» несколько лет назад была принята концепция «зеленого квадрата» — получения электроэнергии с помощью солнца, ветра, воды и атома. Генеральный директор госкорпорации Алексей Лихачев охарактеризовал эту концепцию следующим образом: «Мы называем эти четыре низкоуглеродных источника энергии «зеленым квадратом», где атомная энергия и гидроэнергетика в нижней части обеспечивают генерацию базовой нагрузки, а ветер и солнце в верхней части отвечают за пиковую нагрузку».

Вот так прилагательное, обозначающее определенный цвет, стало синонимом бережного отношения к природным ресурсам и сохранения экологического равновесия на нашей планете. Да и в профессионализме «зеленая лужайка» (англ. greenfield) этот оттенок значения есть. «Зеленая лужайка» предполагает полную радиационную дезактивацию и означает, что на месте демонтированной АЭС или другого объекта, в котором присутствовали радиоактивные материалы, можно разбивать парки и строить любые социальные объекты.

## Свежий ветер

Проектом по развитию ветроэнергетики в Росатоме занимается ветроэнергетический дивизион (АО «НоваВинд»). Это новое для Росатома направление, соответственно, название компании выполняет информативную функцию, а использование в нем английского слова, написанного на кириллице, реализует аттрактивную функцию, то есть функцию привлечения внимания. Тема ветра в названии компании решена очень элегантно — использование кириллицы в этом случае вполне можно считать языковой игрой.

В контур управления компании «НоваВинд» входят АО «ВетроОГК», «ВетроОГК-2», «ВетроОГК-3» и «Атомэнергопромсбыт». Все эти названия представляют собой смешанные аббревиатуры — в первом случае часть основы сложного слова соединена с начальными буквами многословного словосочетания, во втором и в третьем — к буквенному названию добавлен числовой индекс, обозначающий порядковый номер создания. Это сокращенный вариант словосочетания «Ветроэнергетическая отдельная генерирующая компания». А «Атомэнергопромсбыт» — это смешанная аббревиатура, возникшая в результате сложения корней, основ и частей слов многословного словосочетания.

## Гондола, башня и хвост

Ветроэнергетическую установку сокращенно называют ветрогенератором, ветротурбиной, турбиной, ветряком или используют аббревиатуру ВЭУ. Интересно, что параллельно существуют два варианта полного словосочетания — в некоторых источниках ВЭУ называют ветроэлектрической установкой.

Слово «ветряк» возникло в русском языке достаточно давно — это сокращенный разговорный вариант, который использовался вместо словосочетания «ветряная мельница». Соответственно, благодаря метафорическому переносу ветроэнергетические установки тоже стали называть ветряками — у них есть длинные лопасти, похожие на крылья ветряных мельниц, да и работают они за счет силы ветра. Кроме того, использование одного короткого слова, уже имеющегося в обиходе, вместо длинного и сложно выговариваемого словосочетания упрощает коммуникацию, тем более что ветряные мельницы остались только в виде музейных экспонатов или аттракционов для туристов, поэтому риск путаницы и коммуникативных сбоев минимален.

Ветряк состоит из нескольких блоков — фундамента, башни, гондолы, генератора, ступицы и лопастей (которые вместе называются ротором или ветроколесом), а также многочисленных механизмов: систем управления, электроники и других частей. У некоторых моделей турбин есть система азимутального

**В широком смысле под зеленой энергетикой с начала 1990-х понимают получение энергии без загрязнения окружающей среды, а в более узком смысле — генерацию электроэнергии с использованием возобновляемых источников.**



привода, или «хвост». Остановимся на самых интересных названиях.

Гондолой называют верхнюю горизонтальную часть ветряка, к которой крепится генератор, а к нему уже прикрепляется ветроколесо (ступица и три лопасти). Внутри гондолы располагается оборудование для управления генераторным модулем: гидравлическая система и система торможения, двигателя, датчик поворота и другие устройства.

В толковом словаре Т. Ф. Ефремовой у существительного «гондола» целых пять значений. Первое, пожалуй, самое привычное для нас. Это как раз та самая узкая лодка, которая из средства передвижения по многочисленным каналам превратилась в настоящий символ Венеции, романтики и тайны. А еще гондола — это подвесная корзина воздушного шара, кабина аэростата, дирижабля для размещения экипажа, оборудования и балласта. Все эти воздушные средства передвижения сейчас стали экзотическими, поэтому ассоциации с воздушным шаром или дирижаблем, скорее всего, не возникнут. Кроме того, гондола — это профессиональный термин, связанный с железной дорогой. Так называют саморазгружающийся железнодорожный полувагон с кузовом, но без крыши, предназначенный для перевозки грузов, не требующих защиты от атмосферных осадков. А во Франции гондолы — это рекламные плакаты, которые развешивают поперек проходов между полками с товаром. Кажется, что ничего общего с гондолой ВЭУ в этих значениях нет.

Но существует еще два значения слова «гондола», и их тоже можно отнести к профессиональной лексике. Гондолой называют имеющий обтекаемую

форму элемент конструкции самолета и вертолета, в котором размещаются двигатель, шасси и другие устройства. Кроме того, гондола — это часть батискафа в виде стального шара, в которой размещаются экипаж и приборы. Скорее всего, эти значения термина достались самолетам и вертолетам «по наследству» от воздушных шаров и дирижаблей, поскольку в их гондолах, помимо прочего, размещали и оборудование.

В итоге получается, что элемент конструкции обтекаемой формы, предназначенный для размещения оборудования, вполне логично называть гондолой — и по внешнему виду, и по функционалу.

Башню ветрогенератора иногда называют мачтой, хотя внутри отрасли «башня» — это устоявшееся наименование. Некоторую путаницу в терминологии вполне можно объяснить, потому что мачтой называют любую вертикальную высотную конструкцию, выполняющую роль опоры для различных технических устройств, размещенных на ее верхушке. И в этом значении термин подходит для наименования опоры, на которой крепятся гондола, генератор, лопасти ветряка и другие устройства. Но основная несущая конструкция ветряка массивная, объемная, а внутри есть лестница, поэтому название «башня» можно считать более точно передающим смысл, хоть в нем и сохранился оттенок образности, свойственный профессионализмам.

Ступица ветряка с тремя лопастями называется ветроколесом или ротором, и в первом наименовании тоже не обошлось без метафоры — визуально ступица с лопастями более всего похожа на колесо при быстром вращении.

## «Сады ветра» и «Источники энергии»

В Информационных центрах по атомной энергии рассказывают и про ветроэнергетику, причем в разной форме. На практическом курсе «Источники энергии» школьники могут самостоятельно покрутить лопасти макета ветрогенератора, чтобы выработать электроэнергию, а затем с помощью мультиметра измерить полученную мощность. На занятии серии «Атомный практикум» ребята, объединившись в команды, изучают плюсы и минусы всех видов электростанций, включая ВЭС, а также самостоятельно делают вывод, для каких климатических и географических условий способ получения электричества с помощью ВЭС будет самым оптимальным с экономической точки зрения. А на летних уличных фестивалях науки одной из самых запоминающихся инсталляций становятся «Сады ветра» — треугольные длинные и узкие синие флаги на мачтах, которые демонстрируют, с какой частотой и силой дует ветер и как преобразуется пейзаж, в который органично вписаны рукотворные объекты.

И «хвост» у ВЭУ тоже можно обнаружить, но только не у ветрогенераторов мегаваттного класса, которыми занимается «НоваВинд», а у менее мощных устройств. «Хвостом» называют систему азимутального привода, которая помогает развернуть ветроколесо по направлению ветра, а в случае, например, урагана — затормозить вращение, чтобы избежать поломки лопастей.

Кстати, «хвосты» можно найти не только в ветроэнергетике. Так называют и отвалы урановой руды, если ее добывают карьерным или шахтным способом, и ОГФУ — обедненный гексафторид урана. Другими словами, «хвост» — это либо что-то противоположное «голове», либо остаток после основной переработки сырья.

## На суше и на море

Весь комплекс оборудования, необходимый для выработки и передачи электроэнергии, называют ветроэлектростанцией (ВЭС). Часто ВЭС называют ветропарками.

Строят ветроэлектростанции и на равнинах, и в горах, и вблизи морей — в тех местах, где регулярно или постоянно дует ветер. Шельфовые ВЭС, которые строятся на мелководье в нескольких километрах от берега, часто называют офшорными. Интересно, что в этом случае название передает прямое значение английского слова offshore — «вне берега, в открытом море, в акватории». А вот офшор как страна или территория с особыми, льготными условиями ведения бизнеса, а также компания, зарегистрированная в таком государстве, — это пример переносного значения слова, пришедшего в русский язык относительно недавно. При этом в Большом толковом словаре русского языка последние два

значения есть, а значение «находящийся в море, вне берега» не зафиксировано. Связано это с двумя причинами. Во-первых, словосочетание «офшорная ВЭС» относится к профессиональной лексике, а значит, употребляется прежде всего в профессиональной среде. Во-вторых, мест в России, где можно построить такие станции, не так много. Соответственно, встретить это словосочетание в обычной речи довольно сложно. А в толковых словарях фиксируются значения слов и выражений, которые, как правило, уже прочно вошли в общеязыковой состав и часто употребляются. Поэтому в целом словари немного отстают от жизни.





Федор Буйновский,  
обозреватель «Вестника атомпрома»

# Мир как данные

Рассказываем, как мышление на основе больших данных трансформирует науку и экономику

**В 2022 году в России вышла в свет книга «Образ мышления в науке о данных» Лонбина Цао — пожалуй, самая системная и комплексная работа, посвященная этой теме. Автор книги — профессор Технологического университета Сиднея, известный специалист в области Data Science, он также является автором исследований и публикаций по различным аспектам этого научного направления. Именно он в своем труде очень точно и емко описал современный мир, в котором мы живем,— мир данных.**

## Новая реальность

Современный быстроразвивающийся мир данных, интенсивное их использование и, соответственно, открывающиеся новые возможности научного поиска и бизнеса на их основе породили науку о данных — новую парадигму исследований и разработок, которая использует методы и возможности экспериментальной, теоретической и вычислительной науки. Автор книги в полной мере раскрывает эволюцию образа мышления на основе данных. Такое мышление трансформирует наши представления о многих видах человеческой деятельности, в том числе в области науки, инноваций, экономики и управления.

Специалисты в области информационных технологий и обработки данных примерно 20 лет назад столкнулись с ситуацией, когда стало ясно, что данные стали чрезвычайно ценным ресурсом, но попытки использовать их в то время оказались непродуктивными. Было обнаружено, что старые подходы, модели, методы, алгоритмы и программные инструменты, которые в течение десятилетий создавались усилиями мирового научного сообщества и бизнеса, не в состоянии справиться с обработкой тех данных, которые стали на тот момент доступны.

То есть примерно в 2000 году стало понятно, что данные стали другими по сравнению с теми, к которым мы привыкли. Поэтому данные нового поколения

назвали большими данными и приступили к исследованиям и разработке теоретических основ, подходов, методов, алгоритмов, специально предназначенных для работы с большими данными. Примерно к 2008–2009 годам одно из ключевых направлений информационных технологий и искусственного интеллекта было сформировано.

Примерно с 2012 года стали проводиться конференции, издаваться журналы и книги, разрабатываться университетские учебные курсы, предметом которых стала наука о данных. Однако с точки зрения Лонбина Цао, более 80% содержания этих инициатив посвящено вопросам и темам, которые относятся к статистике, искусственному интеллекту, распознаванию образов, поиску связей и закономерностей в данных, машинному обучению и бизнес-аналитике. То есть разные науки смотрят на один и тот же объект с разных точек зрения.

## Новая аналитика

Лонбин Цао пишет, что наука о данных — это наука, изучающая свойства данных и их сложности, а также потенциал, скрытый в данных. В рамках науки о данных разрабатываются методы, алгоритмы и технологии преобразования данных, которые позволяют обнаруживать скрытые знания, извлекать их и использовать для эффективного решения новых задач. Причем не только задач науки и бизнеса, как это было раньше, но и многих других областей знания, в том числе тех, где раньше количественные методы вообще не применялись. Преобразование информации, полученной из данных, в решения и действия для их пополнения — цель науки о данных.

Автор книги называет подход, который применяется в науке о данных, образом мышления, он включает в это определение методологию и структуру мышления, характерные особенности и общие черты работы с проблемами в области данных. В частности, имеется в виду, что в науке о данных используются разные методики работы, данные рассматриваются как сложный многоаспектный объект, который следует изучать сразу с нескольких точек зрения. Особый

стиль мышления, по мнению автора, является краеугольным камнем быстрого развития науки о данных, главным фактором, который делает ее самостоятельной дисциплиной, в отличие от науки об информации, компьютерных наук и статистики.

Наука о данных порождает новую аналитику, возможности которой значительно шире традиционной аналитики, уже давно ставшей в бизнес-среде признанным средством поддержки процессов принятия решений. Автор книги подчеркивает, что задача новой аналитики данных и науки о них состоит в том, чтобы, используя новые методы изучения, сделать «видимыми» скрытые возможности и потенциальную ценность данных для пользователей и программ. Говоря о влиянии науки о данных на современную экономику, автор отмечает принципиально новое явление, а именно появление и быстрое развитие бизнесов, основанных на данных.

«Бизнес, связанный с данными, уже приобрел масштаб, сравнимый с традиционным бизнесом, и это привело к ситуации, когда мир переживает революционный переход к новому поколению бизнеса, который обладает более высоким уровнем сложности и интеллектуальности и предоставляет новые благоприятные возможности», — пишет Лонбин Цао.

## Новое будущее

Понимая, что наука о данных, или «даталогия», как ее называют в некоторых источниках, по сути, формирует образ будущего, различные государства разрабатывают и внедряют стратегии относительно данных. В частности, Лонбин Цао приводит австралийские инициативы, а именно деятельность государственного Центра передового опыта в области аналитики данных, задачей которого является побуждать государственные структуры применять подходы, основанные на данных. Также упоминается агентство Data61, целью которого является создание единой платформы для исследования данных и развития инноваций.

Кроме австралийских инициатив автор описывает китайский подход к данной проблеме. По мнению Лонбина Цао, китайское правительство использует большие данные как существенную часть своего стратегического плана развития инноваций и преобразования экономики. По словам автора, в Китае разработана национальная стратегия развития интернета вещей и больших данных. Кроме того, автор отмечает, что в Китае в последнее время наблюдается быстрое смещение интереса от интернета вещей к облачным вычислениям, затем к большим данным и теперь к искусственному интеллекту.

Подчеркивая мысль о том, что Data Science — это общемировой тренд, автор приводит в пример меморандум Европейской комиссии «На пути к процветающей экономике, основанной на данных» — план действий



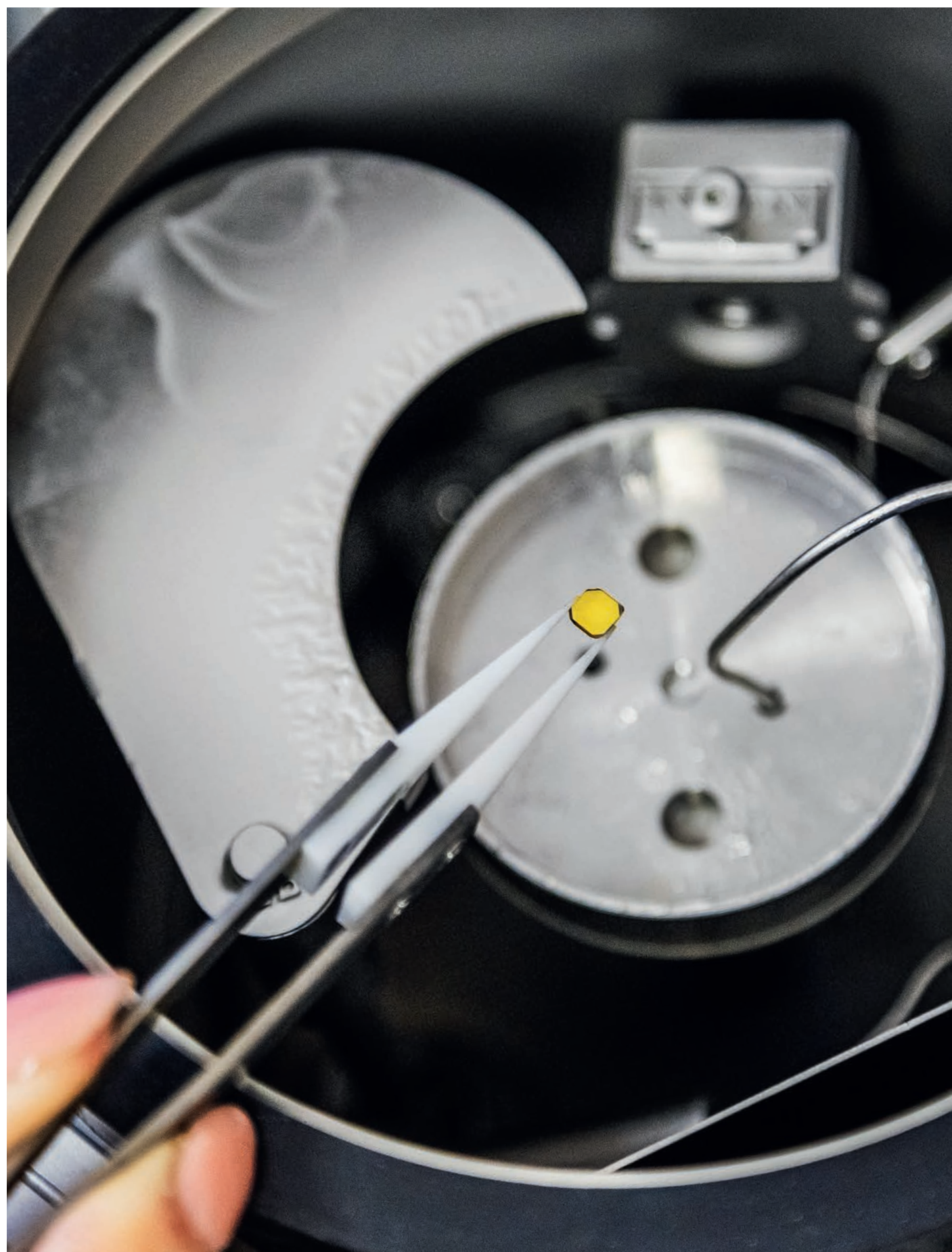
для построения экономики будущего, управляемой данными. В 2015 году была сформирована европейская Академия наук о данных, задачей которой является создание обучающих программ и курсов для подготовки специалистов в этой области.

Если говорить о США, то там, конечно, наука о данных играет ведущую роль в глобальном продвижении Big Data и в экономике данных. Правительство США разработало стратегию и способы финансовой поддержки исследований в области больших данных, а также других связанных инициатив, направленных на поддержку фундаментальной науки и инфраструктуры, которые делают возможной революцию в сфере больших данных. В 2005 году Национальный совет по науке и технологиям США определил одной из своих целей помощь карьерному росту профессионалов в области данных. В 2009 году Комитет по науке Национального совета по науке и технологиям США сформировал рабочую группу по цифровым данным, которая приступила к разработке стратегии, обеспечивающей лидерство США в науке и в конкурентном глобальном информационном обществе. Кроме того, Агентство перспективных исследований в области обороны запустило XData Program, цель которой — разработка вычислительных методов и программных продуктов для обработки и анализа больших объемов некорректных и неполных данных.

В обзоре государственных инициатив, приведенном в книге признанного авторитета в области науки о данных, нет России. Это, конечно, не значит, что этих инициатив в нашей стране нет, однако этот факт говорит о том, что пока, на взгляд экспертов, о большой системной работе России в этой области у них нет данных. И это необходимо изменить.

Фото: газета «Страна Росатом» / Игорь Захаров

Алмаз с напылением на стендовом технологическом комплексе «Алмазный детектор ИТЭР» в ГНЦ РФ ТРИНИТИ (Троицк)



# Давай поделимся

## От А до Я!

От «Атомэнергомаша» до ЯОКа, от освоения Арктики до строительства наземных АСММ в Якутии, от атомной науки до ядерных прорывных технологий — телеграм-канал газеты «Страна Росатом» рассказывает о важных событиях от А до Я.

## Будьте в курсе!

В нашем телеграм-канале — горячие новости и оперативные комментарии, в том числе выходящие далеко за пределы отрасли.

## Выигрывайте призы!

Каждый месяц мы проводим конкурс среди подписчиков.

## Спрашивайте!

У вас есть уникальная возможность задать вопросы топ-менеджерам и ведущим экспертам.

Присоединяйтесь, с нами интересно! Чтобы подписаться, отсканируйте QR-код или вбейте в поиске StranaRosatom.



