

# ВЕСТНИК АТОМПРОМА

#4

май

2021

*Главная тема*

## «Атомэнергомашу» — 15 лет

*Сегодня и завтра машиностроительного  
дивизиона Росатома*

*В номере*

Управляющий совет ПСР 30

Вывод из эксплуатации 40

Хроника модернизации 52



# Уважаемые читатели!

Этот номер журнала знакомит вас с сегодняшним и завтрашним днем «Атомэнергомаш». Вы не просто узнаете, сколько весит корпус реактора, сколько труб находится внутри парогенератора и при какой температуре работают насосы для СПГ производства АЭМ. Перед вами весь спектр деятельности машиностроительного дивизиона Росатома: убедительные рекорды, большие цели, смелые планы — и настоящие профессионалы, которые их воплощают в жизнь.

Кроме того, вы узнаете о ПСР-заказе на ближайшее десятилетие, перспективах бизнеса по выводу из эксплуатации ядерных объектов, сквозных цифровых технологиях, вкладе России в международный проект по созданию термоядерного реактора, опыте модернизации атомных станций и работе Росатома в Финляндии.

И, конечно, в майском номере мы отдаем дань памяти нашему великому соотечественнику Андрею Дмитриевичу Сахарову — человеку, прошедшему удивительный жизненный путь и умевшему добиваться невозможного.

**ВЕСТНИК  
АТОМПРОМА**

№ 4, май 2021 года

Информационно-аналитическое издание

Фото на обложке  
«Атомэнергомаш»

**Редакционный совет**

Г. М. Нагинский, М. В. Ковальчук,  
К. Б. Зайцев, Л. А. Большов, Г. И. Скляр.

**Главный редактор**

Юлия Долгова.

**Выпускающий редактор**

Ольга Еременко.

**Дизайн и верстка**

Ян Якобсон, Валерий Балдин,  
Андрей Ковлягин.

**Корректор**

Алёна Капыльская.

**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 1910 экземпляров.  
Цена свободная.  
Подписано в печать: 28.05.21.

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

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



Текст: Юлия Долгова  
Фото: «Атомэнергомаш»

# «Перед нами стоят серьезные задачи, и мы к ним готовы»

Генеральный директор «Атомэнергомаша» Андрей Никипелов — об эволюции компании, рекордных достижениях, кадровом вопросе и больших планах

**АО «Атомэнергомаш» — основанный в 2006 году холдинг, объединяющий производственные предприятия, конструкторские бюро и научно-исследовательские институты, которые являются главными разработчиками и производителями основного оборудования для реакторного отделения и машзала всех АЭС российского дизайна. Глава машиностроительного дивизиона Росатома Андрей Никипелов в интервью «Вестнику атомпрома» рассказывает о решенных и новых задачах, о больших и малых реакторах, о плавучих и наземных энергоблоках и об атомных и неатомных бизнесах.**

— Андрей Владимирович, 15-летие дивизиона — хороший повод оценить пройденный путь. Все ли цели, поставленные при создании «Атомэнергомаша», достигнуты?

— 15 лет промелькнули очень быстро. «Атомэнергомаш» как компания создавался с нуля с главной целью: снять зависимость от внешних поставщиков основного оборудования для атомных станций. В 2006 году именно поставщики, исходя из собственных производственных возможностей, диктовали, какое количество станций и в какое время сможет строить Росатом. Точно так же диктовались и цены. Росатом, конечно, не мог себе позволить зависеть от внешних обстоятельств, поэтому «Атомэнергомаш» должен был, с одной стороны, снять риски — ценовые и срыва сроков, а с другой стороны, как гарантирующий поставщик — обеспечить необходимое количество оборудования для строительства АЭС. Все эти цели достигнуты.

— Насколько сложно это было? Какие «болезни роста» приходилось преодолевать?

— Работа была поэтапной. На первом этапе нужно было собрать активы. Часть отраслевых предприятий передавалась в управление «Атомэнергомаша», часть создавалась с нуля, часть покупалась — «ЗиО-Подольск», «Энергомашспецсталь», «Петрозаводскмаш» были первыми. В 2012 году наконец появилась возможность приобрести «Атоммаш». Дивизион

получил его с долгами по зарплате и по налогам, со стоящим производством, с пустыми цехами. Мы оставили инвестпрограмму создания реакторного цеха на ПЗМ и за короткое время сделали программу по модернизации станочного парка и по всем вопросам организации производства на «Атоммаше». Это было необходимо, поскольку к тому времени волгодонское предприятие уже 20 лет не работало на атомном рынке. За нашими действиями наблюдало все профессиональное сообщество, оно было настроено достаточно скептически. Но уже в 2015 году на «Атоммаше» был готов первый корпус реактора. И в тот момент все окончательно убедились, что «Атомэнергомаш» — это серьезно и это надолго. Почему? Потому что стало понятно, что чуть раньше или чуть позже, но мы точно будем независимы от всех внешних факторов и сможем сами изготавливать все ключевое оборудование для реакторных установок и машзалов.

Дальше пришлось плотно заняться повышением эффективности производства. Нужно было убрать дублирующие функции: в то время были нередки случаи, когда три наши компании выходили на один конкурс, фактически соревнуясь друг с другом. Для всех входящих в АЭМ предприятий была введена своя специализация. Для кого-то процесс шел не просто, что называется, резали по живому: менялась номенклатура, контрактация, многое другое. Например, производство части насосов полностью — с документацией и с техническими разработками, вплоть до оснастки, — от ЦКБМ было передано ОКБМ, а ЗиО вообще лишился производства парогенераторов, хотя это тот продукт, из-за которого завод изначально покупался. Но в результате была выстроена четкая и понятная специализация по изделиям. Этот этап реконфигурации в основном завершился в 2016 году.

И параллельно шла работа над тем, чтобы стать ответственным поставщиком. Конечно, без качества, гарантирующего безопасность, нет продукта в нашем бизнесе, но мало уметь производить качественное оборудование, главное — ты должен его делать вовремя. Про «вовремя» это вообще был пункт с начала моего появления в компании. Мы долго обсуждали простую для рынка истину, что сложно получить первый заказ, тяжело второй, а третий невозможно, если ты не выполняешь обязательства в срок. В начале нас действительно критиковали за сроки изготовления и поставок, но примерно к 2018 году по большей



части номенклатуры и продукции к нам вопросов не стало. Более того, в определенный момент ситуация вообще перевернулась: для того, чтобы вовремя исполнить свои обязательства, мы стали требовать от заказчиков обеспечить отсутствие срывов и те сроки, которые нам нужны. Конечно, процесс совершенствования на этом не заканчивается.

— А как бы вы охарактеризовали этап, на котором дивизион находится сегодня?

— Сегодняшний этап — это развитие и расширение возможностей дивизиона на той мощной базе, которую мы создали. У нас в течение последних лет практически каждый год — рекордный, мы делаем больше, чем в предыдущем. В 2020-м мы достигли рекордных показателей за всю историю отечественного атомного машиностроения: в течение года выпустили 3 корпуса реактора с внутрикорпусными устройствами и 18 парогенераторов, а всего на предприятиях «Атомэнергомаша» в разной степени готовности находилось оборудование для 10 энергоблоков. По плану выручка в 2023–2024 годах должна вырасти почти вдвое по отношению к прошлому году и составить свыше 150 млрд рублей. Десятилетний портфель заказов АЭМ сейчас составляет 850 млрд

рублей — это действительно огромные цифры. Пиковое производство приходится на 2023–2025 годы. Так ситуация выглядит сегодня, но «Атомэнергомаш», как и весь Росатом, работает на то, чтобы появились новые контракты. В атомном бизнесе мы стараемся взять на себя больше обязательств и расширить номенклатуру — не только поставкой оборудования, но и за счет сервиса и услуг. В неатомных бизнесах дивизион становится не просто поставщиком отдельных единиц оборудования, а идет гораздо более широким фронтом — с комплектными поставками. Одновременно с ростом валовых показателей мы работаем над повышением эффективности на всем цикле проектирования, изготовления и выпуска продукции.

— Возможно, следующий ядерный ренессанс во всем мире будет связан с атомными станциями малой мощности. Малые реакторы — это ваша тема, расскажите, как идет работа в этом направлении.

— Да, малые атомные реакторы — это то новое, что нас ждет впереди. Уже подписано соглашение с Якутией о строительстве АЭС мощностью 55 МВт. Это очень важный проект: станция не просто обеспечит энергией



**На фото**

Монтаж реакторной установки РИТМ на атомном ледоколе «Арктика»

золоторудное месторождение Кючус и близлежащие поселки — это будет первая наземная АЭС малой мощности, которая должна стать прототипом для следующих. Для нее будет использоваться реактор РИТМ-200 (в наземной модификации). При его разработке был учтен предыдущий опыт эксплуатации малых реакторов на ледоколах, но это принципиально новое решение, не имеющее аналогов в мире: так называемая интегральная компоновка — с расположением парогенераторов внутри корпуса. Это делает РИТМ-200 легче и компактнее, но в то же время на 20% мощнее предшественников. Головной ледокол нового поколения «Арктика» с такими реакторами с осени 2020 года работает на СМП, они же будут установлены на еще четырех строящихся ледоколах проекта 22220. Для новейших ледоколов проекта «Лидер», в рамках которого АЭМ впервые является поставщиком всего силового острова, разработаны еще более мощные реакторные установки РИТМ-400.

Так что у РИТМов большой потенциал — и на суше, и на воде. «Атомэнергомаш» отвечает за всю работу по продвижению плавучих атомных энергоблоков. И здесь мы рассчитываем на то, что получим контракт на поставку четырех плавэнергоблоков на базе реакторов РИТМ для энергообеспечения Баимской

горнорудной зоны. У нас также есть проект «Оптимизированный плавучий энергоблок» (ОПЭБ): здесь уже по завершении эскизного проектирования стало очевидно, что ОПЭБ можно сделать значительно экономичнее, чем ПЭБ «Академик Ломоносов». У малой атомной энергетики однозначно большие перспективы, а у «Атомэнергомаша» есть все возможности, чтобы ее развивать.

**— Какие направления на неатомных рынках вы считаете самыми важными?**

— «Атомэнергомаш» всегда занимался не только атомным машиностроением — в силу специфики нашего производства. С самого начала было понимание, что деятельность дивизиона должна быть диверсифицирована, поэтому помимо освоения атомной номенклатуры АЭМ выполнял другие заказы. Постепенно эта работа становилась все более целенаправленной, мы стали заниматься ею системно и структурно, сформировались отдельные неатомные бизнес-направления и продолжают появляться новые.

АЭМ активно развивает производство оборудования для нефтегазовой отрасли, в том числе для технологий по сжижению природного газа. На ЗиО мы освоили производство уникальных кожухотрубчатых теплообменников для проекта «Ямал СПГ», заказчику их отгрузили в 2019-м. На ОКБМ осваивается целая линейка насосов, в 2020 году было успешно завершено испытание погружного насоса для перекачки СПГ — это первый крупнотоннажный криогенный насос российского производства. Сейчас насос уже в эксплуатации у крупнейшего российского производителя СПГ. Заказчик доволен, насос подтвердил все требования и характеристики. Вообще надо себе представить, что такое среда СПГ: это минус 160 градусов, насос должен там работать — и он работает. И наша следующая задача — производить больше такого уникального, наукоемкого, высокотехнологичного оборудования и иметь возможность его экспортировать.

Правительством России было принято решение о строительстве испытательного стенда для крупнотоннажного СПГ-оборудования в рамках выполнения поручения президента страны по локализации в России критически важных технологий. «Атомэнергомаш» взялся за эту задачу — в текущем году планируем ввести стенд в эксплуатацию. Это первый в Европе и третий в мире испытательный стенд такого типа. Наличие его в России даст возможность разным участникам рынка проводить именно у нас в стране испытания насосов и другого оборудования для СПГ-проектов, чтобы затем продавать и применять испытанное оборудование здесь или же поставлять его за рубеж.

Еще одно направление работы «Атомэнергомаша» — производство оборудования для мусоросжигания. АЭМ изготавливает оборудование по очень современной технологии, экологичность которой неоднократно

подтверждали эксперты, в том числе зарубежные: проекты прошли 11 государственных российских экспертиз и 2 независимые международные. И эта технология не просто соответствует тем требованиям, которые есть на сегодняшний день, она превосходит их. Мы в мусоросжигание поверили — и как в бизнес, и как в хорошее и правильное дело. То, что с ним связано, точно лучше и эффективнее для экологии по сравнению с тем, что происходит сейчас, когда отходы хранятся на свалках, загрязняют грунтовые воды, выделяется свалочный газ, возникает опасность

---

## **«В 2020-м мы достигли рекордных показателей за всю историю отечественного атомного машиностроения: в течение года выпустили 3 корпуса реактора с внутри-корпусными устройствами и 18 парогенераторов»**

---

отравления им, опасность пожаров, в конце концов свалки просто занимают огромные площади. Люди часто сопротивляются чему-то новому, мусоросжигание для нашей страны — это новая тема. Есть много мифов вокруг атомной энергетики, сегодня есть столько же мифов и опасений и вокруг мусоросжигания, надо просто с этим работать.

Мы постоянно отслеживаем появление новых рыночных сегментов. Сейчас в машиностроительном дивизионе создается серьезная ресурсная база для изготовления пилотных образцов изделий методами аддитивных технологий — затем должны последовать аттестация и внедрение. Шестилетний опыт ЦНИИТМАШ по производству 3D-принтеров для металлических изделий позволяет рассчитывать на то, что мы будем иметь необходимые машины для выполнения наших задач.

— У вас каждый год рекордный и огромные планы на будущее. Как вам удается решать кадровые проблемы?

— Мы всегда, с первого этапа становления дивизиона, думали о том, как обеспечить наши предприятия лучшими кадрами. Поэтому АЭМ пережил несколько, можно сказать, волн миграции сотрудников. Например, когда с ЗиО передали парогенераторы на «Атоммаш», то вместе с парогенераторами поехали люди, которые понимали, как их делать, — и руководители подразделений и цехов, и сварщики, и сотрудники службы качества. А когда на ЗиО запустили производство реакторов РИТМ-200 — первых реакторов, которые мы делали внутри компании, — часть персонала ОКБМ (это разработчик и главный конструктор

РИТМов) переместилась из Нижнего Новгорода в Подольск.

Россияне в целом, наверное, не настолько мобильны, как американцы или европейцы, для которых в порядке вещей каждые 5 лет перемещаться даже на другой конец света, неважно, руководитель ты или специалист. Для сотрудников АЭМ менять локации — нормальная практика. Я считаю, что это правильно, потому что перемещение вытаскивает человека из повседневной рутины и помещает его, хоть и не люблю это избитое выражение, за пределы зоны комфорта — заставляет его раскрыться, работать более эффективно, смотреть на привычные задачи другими глазами, решать проблемы по-другому. Мы постепенно приходим к тому, что у нас не только руководители, специалисты, инженерно-технический персонал, но и целые бригады сварщиков, монтажников, операторов станков тоже перемещаются, потому что на каких-то проектах в определенный период возникает дефицит ресурсов. В этом смысле у нас дивизион дружный, и мы всегда находим варианты, чтобы собрать нужное количество людей и переместить их в другое место для решения проблемы.

— Приходится ли доучивать или переучивать новых людей под свою специфику?

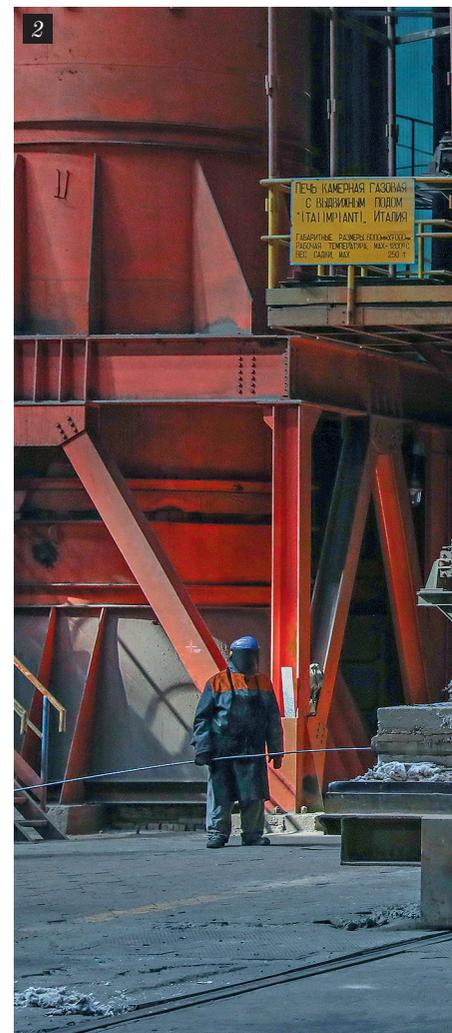
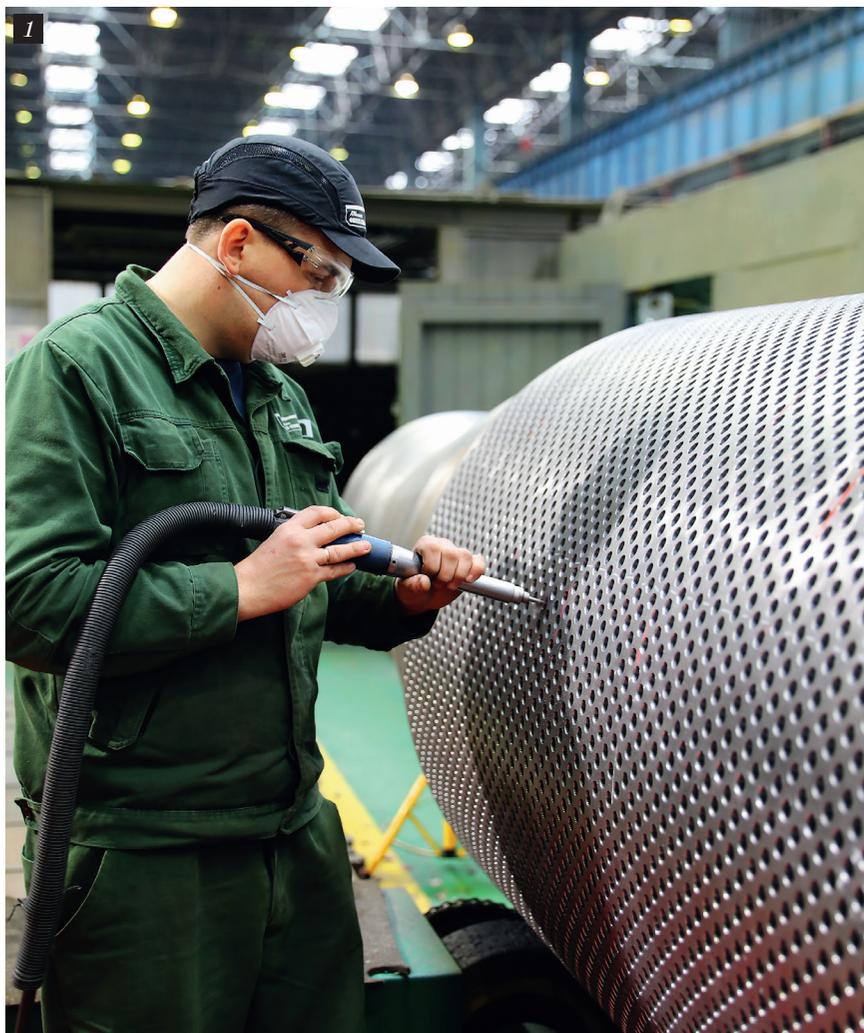
— В каждом регионе присутствия «Атомэнергомаша» мы взаимодействуем с техникумами, институтами и университетами — во многих городах есть подразделения НИЯУ МИФИ, который является базовым вузом для Росатома, в Петрозаводске мы активно работаем с ПетрГУ, в Нижнем Новгороде — с Политехническим университетом, в Волгодонске помимо филиала МИФИ сотрудничаем с Новочеркасским университетом.

### **На фото**

Механическая обработка патрубка при изготовлении одного из блоков вакуумной колонны для Московского НПЗ



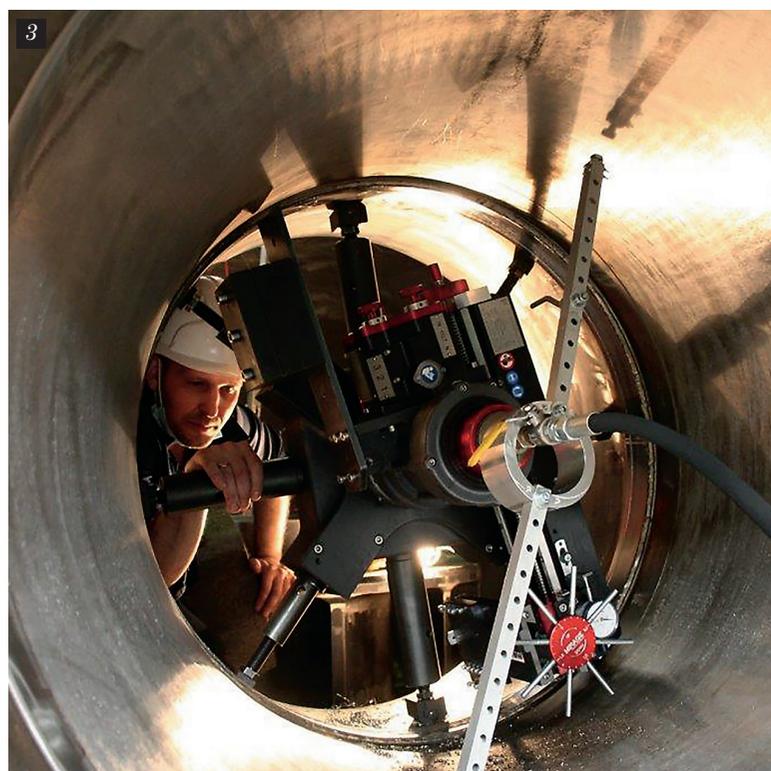
1. Коллектор пара — часть парогенератора, «Атоммаш»
2. Разгибка трубной заготовки при изготовлении оборудования для АЭС «Аккую», «Атоммаш»



У нас есть внутренняя программа по развитию кадров, причем на всех уровнях. Для специалистов и управленцев широко используем методы наставничества, считаю, что это правильно и полезно. На всех крупных предприятиях дивизиона организованы учебные центры, где мы как минимум проверяем уровень вновь пришедших, а после этого в рамках вхождения в профессию, в должность, они учатся, переподтверждают свою квалификацию уже в соответствии с нашими стандартами и повышают ее. Это касается практически всех рабочих специальностей. В учебных центрах сварщики учатся сварке, операторы станков работают на станках, это не просто какие-то симуляторы, это настоящие станки, они могут быть меньше по сравнению с теми размерами, с которыми потом нужно будет работать, зато у них та же операционная среда, та же самая система управления, и работник получает и отрабатывает те навыки, которые ему будут нужны.

— Какие ресурсы вы видите для повышения эффективности?

— Повышение эффективности — это многоуровневый процесс. Реконфигурация производств дивизиона, когда каждое наше предприятие получило свою специализацию, стала отправной точкой этого



3. Приемо-сдаточные испытания первого мобильного токарного станка, «Петрозаводскмаш»
4. Нажимная плита электронасоса ГЦЭН-310, «Петрозаводскмаш»

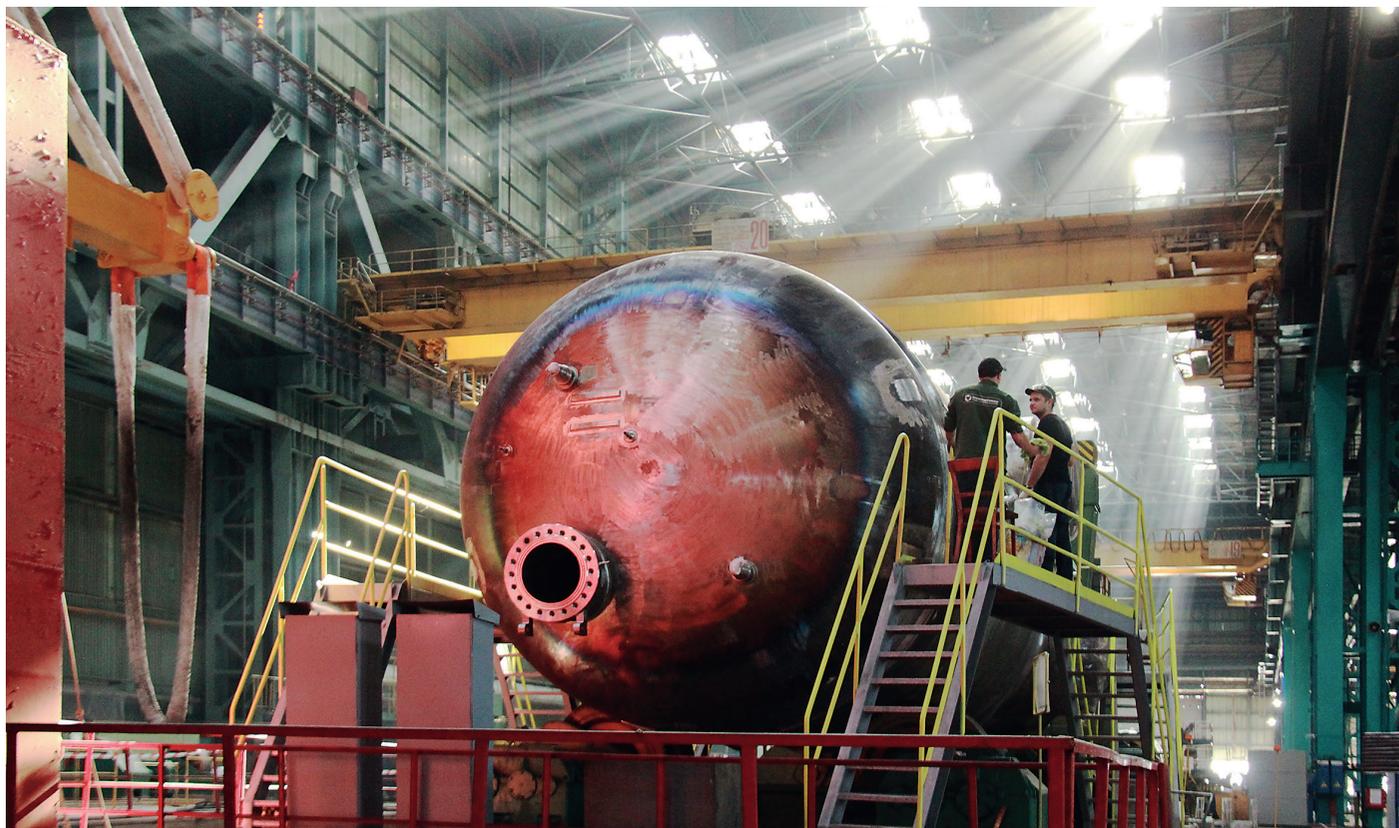


процесса. Следующая ступень — повышение эффективности на самих производствах на уровне работы над проектами. Здесь очень помогает широко использование методов Производственной системы Росатома (ПСР). В ее основе лежат пять принципов, которые призывают сотрудников быть внимательными к требованиям заказчика (не только по отношению к конечному потребителю, но и к участку-потребителю, цеху-потребителю и даже последующему оператору); решать проблемы на месте их возникновения; встраивать качество в процесс, не производить брак; выявлять и устранять любые

потери (излишние складские запасы, межоперационные заделы, время простоя, лишние перемещения и т. д.).

Об эффективности этой системы говорит тот факт, что, например, на «Атоммаше» благодаря ПСР удалось сократить срок изготовления реакторов с 760 дней до 574 и парогенераторов с 877 до 453. ОКБ «ГИДРО-ПРЕСС», которое в том числе производит шаговые электромагнитные приводы системы управления и защиты, предназначенные для регулирования мощности реактора, менее чем за 10 лет увеличило их выпуск почти в 2 раза. На ЦКБМ благодаря ПСР производство выемных частей удалось поднять в 3 раза. А ОКБМ увеличил выпуск парогенераторов для реакторных установок РИТМ почти в 9 раз! Во многом благодаря этим достижениям стали возможны те производственные рекорды, о которых я говорил ранее. Общий экономический эффект от внедрения ПСР в дивизионе за последние 10 лет (с 2010 по 2020) составляет более 4 млрд рублей.

Инвестиции в модернизацию производства дополнительно помогают «расшить» узкие места. Предприятия дивизиона обновляют станочный парк. В марте на ПЗМ приняли в эксплуатацию после модернизации



**На фото**

Изготовление парогенератора для АЭС «Куданкулам»

самый большой токарно-карусельный станок сборочно-сварочного производства. Раньше станок управлялся вручную, теперь его оснастили системой ЧПУ. На «Атоммаше» ввели в эксплуатацию уникальный 3D-сканер: он оцифровывает поверхности крупногабаритных изделий, формируя облако из миллиона точек и отображая таким образом геометрические размеры изделий в реальном времени. Максимально точная оценка параметров изделий — ключевая операция в процессе контроля, необходимая для обеспечения безопасности при работе оборудования. И на это теперь затрачивается в 5 раз меньше времени!

Применение цифровых технологий — еще один путь для повышения эффективности. В прошлом году, когда закрылись границы, мы начали применять очки дополненной реальности, чтобы зарубежные заказчики могли проводить дистанционную приемку. На эту технологию мы возлагаем большие надежды. Создаем цифровые прототипы и цифровые модели ядерных установок — это сокращает сроки и стоимость проектов на всех этапах. Перечисление можно продолжать — мы идем в ногу с «цифрой».

— Если говорить о вашем дивизионе или Росатоме в целом, какие направления деятельности вы считаете самыми перспективными?

— Что мне самому очень интересно и хотелось бы, чтобы получило развитие как можно быстрее, — это, конечно, работа по замыканию ядерного топливного цикла, то, что может сделать атомную энергетику практически безотходной. Мы очень ждем решения

по БН-1200, мы сделали эскизы и техпроект реакторной установки — все, что можно было сделать на стадии до проектирования атомной станции, и наши расчеты показывают, что по стоимости сооружения БН-1200 могут быть сопоставимы с реакторами ВВЭР. Сейчас «ОКБМ Африкантов» — разработчик реакторной установки и реакторного отделения БН-1200 — продолжает опытно-конструкторские

---

**«Выручка в 2023–2024 годах по плану должна вырасти почти вдвое по отношению к прошлому году и составить свыше 150 млрд рублей. Десятилетний портфель заказов «Атомэнергомаша» сейчас составляет 850 млрд рублей»**

---

работы с целью дальнейшего улучшения технико-экономических показателей. Мы верим, что проект получит развитие, и очень ждем, когда будет принято решение о строительстве таких блоков — это откроет новые перспективы для развития всей атомной энергетики.

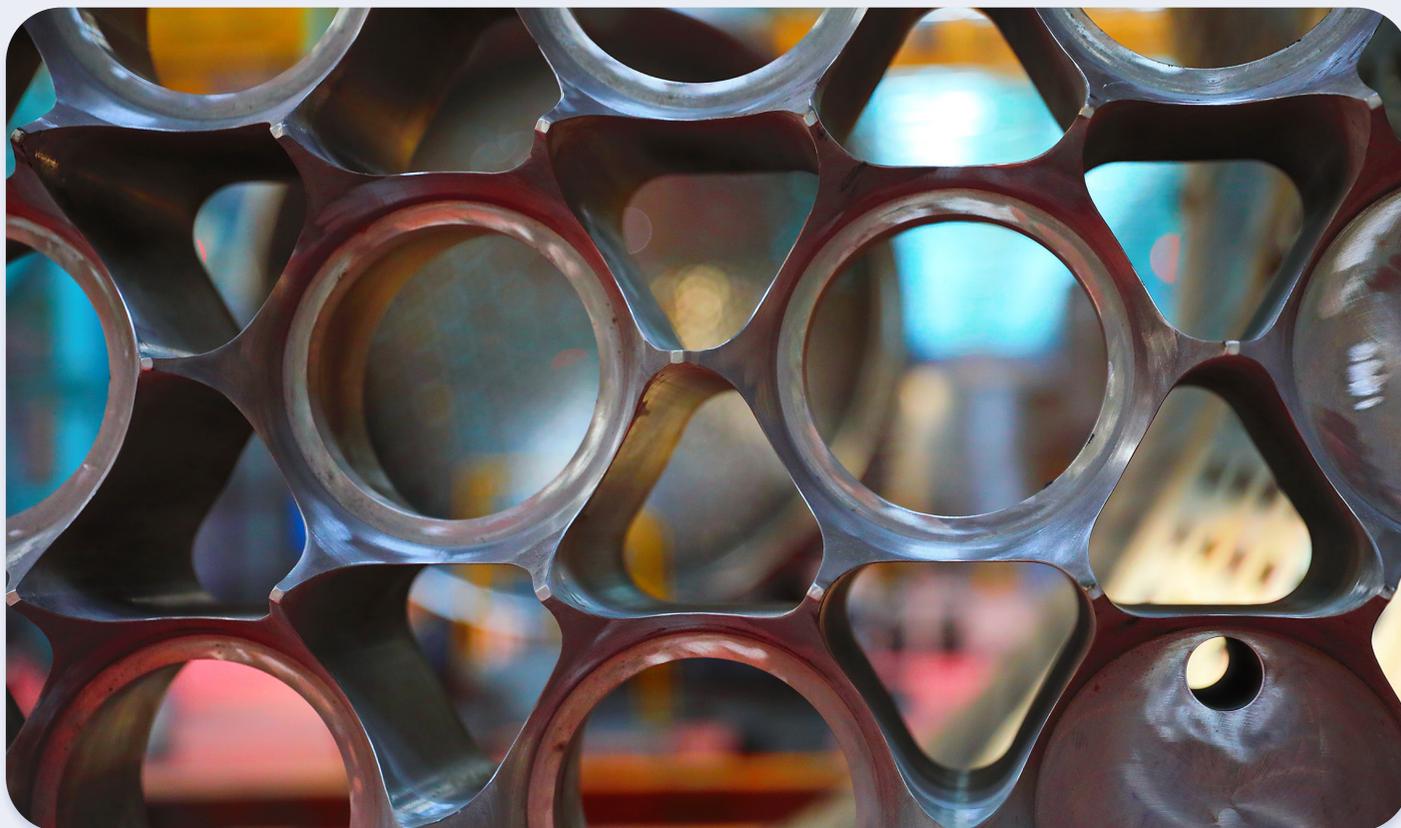
# «Атомэнергомашу» — 15 лет

В марте 2006 года в системе Федерального агентства по атомной энергии, предшественника госкорпорации «Росатом», была образована новая компания — «Атомэнергомаш». Сегодня АЭМ — один из лидеров российского машиностроения, создающий для заказчиков законченные технические решения от проекта до производства и поставки оборудования.

Компания работает для атомной промышленности и других направлений энергетики, судостроения, нефтехимической, газовой и других отраслей. «Вестник атомпрома» знакомит с основными направлениями работы машиностроительного дивизиона Росатома, его главными достижениями и планами на будущее.

Фото: «Страна Росатом»

Сложная механическая обработка отверстий днища блока защитных труб — внутрикорпусного устройства реактора.



## Работа для робота

*Машиностроение для атомной отрасли — это комплекс сложнейших производственных процессов. Новые технологии позволяют выполнять важные задачи с минимальным участием человека*

### Знакомьтесь — кобот

Про роботов слышали все, а вот что такое кобот? Сотрудники «Петрозаводскмаша» знают: это коллаборативный робот, работающий вместе с человеком. Таким устройством недавно был дооборудован токарно-револьверный станок с ЧПУ, который изготавливает элементы оборудования АЭС. Системы станка и управления коботом связаны между собой и составляют единый технологический комплекс. Специалист настраивает и запускает станок, если нужно — меняет режущий инструмент и контролирует размеры детали. Серия однотипных изделий изготавливается без участия человека. Сам кобот — это рука-манипулятор, блок и пульт управления плюс подставки для заготовок и готовых изделий.

### Своими глазами

За время пандемии многие встречи и переговоры перешли из офлайна в онлайн. Но во время таких

### Характеристики 3D-сканера

**в 5 раз**

увеличивается скорость измерений по сравнению с традиционными способами

**$\pm 0,06 - \pm 0,2$  мм**

точность сканирования

**16 м<sup>3</sup>**

объем измерений

## Цитата



Игорь Котов

Генеральный директор АО «АЭМ-технологии»:

“

Мы начали процесс цифровизации довольно давно, и это была не дань моде, а осознанный выбор. Для нас это возможность максимальной оптимизации производственного процесса, кратное снижение рисков человеческого фактора. Кроме того, новые технологии определяют сегодня расширение производственных возможностей при сокращении сроков производственного процесса и безусловном обеспечении качественных параметров продукции

”

ответственных событий, как, например, приемка и контроль сложного оборудования, хочется увидеть все своими глазами. Новые технологии это позволяют: в 2020 году на «Атоммаше» протестировали очки дополненной реальности — они нужны для взаимодействия исполнителей с заказчиками. В ходе тестирования сотрудники завода дистанционно провели входной контроль заготовок колен главного циркуляционного трубопровода. Специалисты показали чертежи, маркировку, параметры заготовок принимающей стороне в режиме дополненной реальности. Все участники тестированием остались довольны: в будущем это позволит в разы сократить издержки на этапах приемки заготовок и оборудования заказчиками.

**Облако точности**

Атомное машиностроение — это, с одной стороны, колоссальные размеры изделий, с другой — ювелирная точность в изготовлении сложного ядерного оборудования. Чтобы обеспечить высочайшее качество и при этом безопасность изготовления, очень важно при проведении входного и промежуточного контроля максимально точно провести оценку значений параметров заготовок. Совсем недавно на «Атоммаше» размеры изделий получали с помощью сотен измерений на расточных и карусельных станках. Сейчас все это делает 3D-сканер — он оцифровывает поверхности крупногабаритных изделий. В процессе сканирования формируется облако из миллиона точек, создается 3D-модель изделия. Точность системы — от  $\pm 0,06$  до  $\pm 0,2$  мм, объем измерений —  $16 \text{ м}^3$ . 3D-сканер работает в пять раз быстрее традиционных способов измерений, благодаря этому высвобождается от 300 до 600 нормо-часов станочного времени в год.

**Сеанс одновременной работы**

Примеры того, как автоматизация и цифровизация делают работу более эффективной, есть на каждом предприятии АЭМ. Например, в АО «ОКБМ Африкантов» разработка технологических процессов полностью перешла «в цифру». Эксперты подсчитали, что на передачу разрабатываемого технологического процесса от одного исполнителя к другому тратилось до 70% времени, предназначенного на разработку. Сейчас работа выполняется всеми соисполнителями одновременно — в процессе могут участвовать до 14 отделов. Все операции включаются в состав единого документа, а все разработанные технологические процессы хранятся и корректируются в электронном архиве системы.

**Четвертый индустриальный**

Кобот заметно упрощает жизнь одному работнику, 3D-сканер — отделу. А вот цифровая система оптимизации процессов — Lean Smart Plant — делает эффективнее работу целого предприятия. Например, на «Петрозаводскмаше» будет создан комплексный образец такой системы. Он объединит планирование инвестиций, модернизацию мощностей, производственное планирование, конструкторскую и технологическую подготовку производства. Сделать это поможет цифровой двойник производства. Система подготовит все возможные варианты оптимизации производства, а человеку останется только выбрать наиболее подходящий. Вот он — четвертый индустриальный переход в действии!

**на фото**

Станок с ЧПУ на «Атоммаше»



# На прочном фундаменте

*11 соток — неплохая площадь для дачного участка. Именно такую площадь имеет фундамент под новый обрабатывающий центр с ЧПУ, на котором будут выполняться ключевые операции при изготовлении корпуса реактора*

**Площадь 1100 квадратных метров, глубина пять метров, 3000 кубометров бетона для заливки — размеры фундамента для нового обрабатывающего центра на «Атоммаше» впечатляют сами по себе. Но что важнее — они прекрасно иллюстрируют масштабы работ, которые ведутся в дивизионе в рамках модернизации производства. Общая сумма инвестиций в модернизацию оборудования до 2023 года составит более 25 млрд рублей.**

## Рекорды для всего мира

Сейчас предприятия АЭМ изготавливают оборудование ядерных паропроизводящих установок и машзала для строящихся энергоблоков сразу шести АЭС: «Аккую» в Турции, «Руппур» в Бангладеш, российской Курской АЭС-2, «Сюйдапу» и «Тяньвань» в Китае и «Куданкулам» в Индии. В 2020-м были достигнуты рекордные показатели за всю историю отечественного атомного машиностроения — в течение года выпущено 3 корпуса реактора с внутрикорпусными устройствами и 18 парогенераторов, а всего на предприятиях «Атомэнергомаша» в разной степени готовности находилось оборудование для 10 энергоблоков. В ближайшем будущем загруженность машиностроителей только возрастет: совсем скоро стартует производство для египетской «Эль-Дабая». Таких объемов производства, как сегодня, атомное машиностроение не знало никогда.

«Как обычно, времени на раскочку нет, готовиться и работать нужно одновременно», — подчеркивает генеральный директор АО «Атомэнергомаш» Андрей Никипелов. Очевидно, что справиться с таким объемом заказов можно, только работая предельно точно и максимально эффективно. И современное оборудование — один из главных ингредиентов в рецепте успеха.

## Как найти время

Сначала нужно было понять, какое именно оборудование необходимо модернизировать. «Мы, например, решили программными средствами промониторить, как управляется станочный парк, и оказалось, что на собственно мехобработку и сварку приходилось только около 40 процентов времени, а все остальное шло на транспортировку, установку, переустановку, работу с контролерами. С помощью этой программы мы обнаружили те самые узкие места, пришли

с расчетами и выводами в госкорпорацию, и нам выделили инвестиции», — объясняет генеральный директор компании «АЭМ-технологии» Игорь Котов. Результаты не заставили себя ждать: например, если в СССР нормативный цикл производства парогенератора составлял около 700 дней, при восстановлении их выпуска на «Атоммаше» — 800–850, то сейчас время изготовления — всего 450 дней.

## Быстрее, точнее, универсальнее

Сейчас модернизированным оборудованием может похвастаться большинство предприятий АЭМ. Свежий пример: в середине марта в Петрозаводском филиале приняли в эксплуатацию после модернизации самый большой токарно-карусельный станок сборочно-сварочного производства. Он умеет обрабатывать детали диаметром восемь метров и весом 125 тонн. Раньше станок управлялся вручную. Теперь его оснастили

## Цитата



### Андрей Никипелов

Генеральный директор  
АО «Атомэнергомаш»:

“

Мы запустили инвестпрограмму, в которую входит обновление станочного парка, внедрение цифровых систем. Она должна будет расширить узкие места и обеспечить ритмичное производство оборудования для ЯГПУ и машзалов с учетом растущих объемов

”

## 600 тонн

общий вес оборудования станка с ЧПУ на «Атоммаше». Для его доставки было задействовано в общей сложности 29 автопоездов

## 450 дней

нормативный цикл производства парогенератора (в СССР — около 700 дней)

## 5 метров

глубина фундамента

## 3000 м<sup>3</sup>

бетона используется для заливки

## 1100 м<sup>2</sup>

площадь

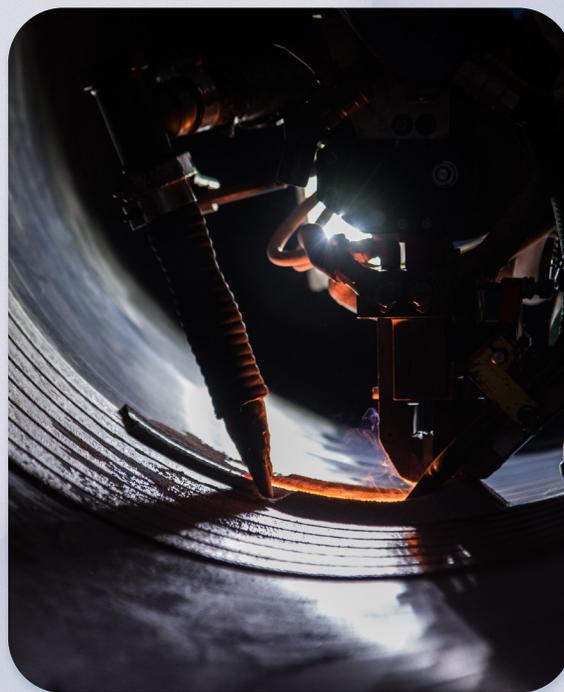
системой ЧПУ: она позволяет выполнять механическую обработку поверхностей сложных геометрических форм, а еще нарезать резьбу. А прошлым летом здесь появился новый наплавочный комплекс Fronius ETR (Австрия). С его помощью специалисты осваивают технологию наплавки внутренних поверхностей корпусов насосов ГЦН, в том числе и для строящейся в Финляндии АЭС «Ханхикиви». Еще летом начал работать мобильный токарный станок: он нужен для обработки внутренней поверхности патрубка главного циркуляционного насоса (ГЦН). Применение мобильного станка в четыре раза повысило производительность труда на этой операции и, соответственно, сократило цикл изготовления корпуса ГЦН.

В ЦНИИТМАШ еще три года назад полностью модернизировали опытно-испытательный участок, где создаются образцы для настройки автоматизированных систем ультразвукового контроля АЭС. Шесть станков 80-летней давности были заменены на 9 новых отечественных: токарные, фрезерные, заточный, сверлильный, станок с электроэрозионным способом изготовления детали.

Обновляют станочный парк и в ОКБ «ГИДРОПРЕСС». В рамках пятилетнего инвестпроекта, стартовавшего в 2019 году, устаревшие универсальные станки будут заменены на новые. Так, уже приобретены два станка с ЧПУ по изготовлению пружин, входящих в три из пяти основных сборок изделия — привода СУЗ. Теперь времени на изготовление пружин требуется значительно меньше: например, на токарном станке наливка одной пружины занимала две минуты, а на новом станке — всего 20 секунд. Сократилось и количество материала, необходимого для изготовления пружин.

### Сеть для информации

Модернизация оборудования не только существенно повышает эффективность производства. Она позволяет уйти от аварийных ремонтов, сократить время на планово-предупредительные работы. Актуальный пример приводит генеральный директор АО «АЭМ-технологии» Игорь Котов: «На все основные центры обработки установлены системы по 24 датчика, которые по режимам вибрирования подсказывают, какой узел работает нормально или сбоит и когда может выйти из строя. Все зашифрованные данные передаются в автоматическом режиме по локальной производственной сети. Они полностью сливаются в единый информационный центр завода. Так что можно заранее подготовиться, закупить детали, быстро что-то поменять».



### На фото

Наплавка трубных заготовок для ГЦТ энергоблока №2 АЭС «Аккую», «Петрозаводскмаш»

## 25 млрд ₽

общий объем инвестиций в модернизацию оборудования до 2023 года

## И жарко, и холодно

**+330 °C** *Вода такой температуры поступает из реактора в парогенератор*

*При такой температуре работает насос для СПГ*

**-160 °C**

*Машиностроители умеют делать оборудование, которое в течение многих лет выдерживает самые экстремальные нагрузки*

**+650 °C**  
*и*  
**30+ МПа**

на такие условия рассчитаны созданные в ЦНИИТМАШ хромистые стали

**-196 °C**

температура, на работу при которой рассчитаны аппараты, изготовленные из криогенных сталей разработки ЦНИИТМАШ

### Материальный вопрос

Атомные станции строятся в регионах с самым разным климатом — от тропиков до высокоширотных областей — и с разными сейсмическими условиями: например, в Китае и Индии проектная сейсмичность может достигать 9 баллов. Увеличиваются требования и по проектному ресурсу — самые первые АЭС были рассчитаны на срок службы 25–30 лет, теперь это 60 лет, и среди специалистов идет дискуссия о возможности увеличения планового ресурса новых станций до 100 и более лет. Материалы, которые применяются для ядерного машиностроения, должны обеспечивать стабильность характеристик основного металла и сварных соединений на весь период жизненного цикла станции при штатных и нештатных воздействиях.

Основные и сварочные материалы именно такого уровня уже более 90 лет создаются в ЦНИИТМАШ — Центральном научно-исследовательском институте технологии машиностроения. Вместе с конструкторами ученые предприятия определяют, какими должны быть механические и физические свойства металла и его соединений. Специалисты института создают

технологии, адаптированные для реальных условий, и вместе с заводами-производителями обеспечивают производство полупродуктов и конечных изделий. С учетом того что жизненный цикл продукции составляет десятки лет, важная часть работы — создание программ аттестационных испытаний, их проведение и согласование применения новых материалов в Ростехнадзоре. При этом АО «НПО «ЦНИИТМАШ» как головная материаловедческая организация госкорпорации «Росатом» несет ответственность за безопасность эксплуатации материалов атомной станции на всех стадиях создания и на всем проектном, а зачастую и сверхпроектном ресурсе эксплуатации.

### Энергетика нового уровня

Атомная энергетика не стоит на месте, разработка новых проектов — важное условие сохранения технологического лидерства. Перспективный проект реактора ВВЭР-СКД не только отвечает самым высоким требованиям по экологической и радиационной безопасности, но и выходит на новый уровень энергетической эффективности. Для этого проекта ученые института разработали новую марку стали для конструктивных и сварочных материалов. Эти материалы на 15%

## Цитата

**Виктор Орлов**

Генеральный директор  
АО «НПО «ЦНИИТМАШ»:

“

К 100-летию наш институт должен стать крупным диверсифицированным научным центром России, который будет занят в атомной энергетике, оборонно-промышленном комплексе, спецметаллургии, арктическом направлении и перспективных проектах по освоению дальнего космоса. Мы стремимся к тому, чтобы на каждый сегмент приходилось около 20% заказов

”

прочнее применяющихся сейчас и обеспечивают эксплуатацию металла при более высоких — на 20% — температурах. Такой уровень значительно превосходит показатели не только применяющихся сейчас материалов, но и перспективных зарубежных разработок.

**Выход за пределы**

Неудивительно, что такие материалы становятся востребованными и за пределами атомной отрасли. Современный тренд развития машиностроения — массовый переход на суперсверхкритические параметры пара (температура более 620 °С, давление 30 МПа и выше) при обеспечении ресурса оборудования более 200 тысяч часов. Созданные в ЦНИИТМАШ материалы являются основной композиционной базой для труб и трубопроводов, корпусов арматуры и роторов среднего и высокого давления. Например, специально для применения в трубных элементах котельного и паропроводного оборудования в ЦНИИТМАШ разработаны жаропрочные хромистые мартенситные стали, способные выдержать температуру в 650 °С!

Один из крупных внеотраслевых рынков для ЦНИИТМАШ — рынок нефтегазохимии: это удивительно, учитывая постоянно растущий мировой спрос на сжиженный природный газ (СПГ) и другие сжиженные газы (кислород, азот, этилен). Ученые ЦНИИТМАШ вместе с коллегами из АО «Уральская сталь» разработали технологию промышленного производства толстолистового проката из криогенных сталей. Например, сталь ОН6 предназначена для изготовления аппаратов, работающих под давлением при температурах до -196 °С. И это не единственная разработка ЦНИИТМАШ для нефтегазовой отрасли:

ученые института создали дуплексную коррозионно-стойкую сталь для газовых месторождений. Этот материал устойчив в агрессивных средах, включая конденсат природного газа с высоким содержанием сероводорода и углекислого газа.

**Для фабрик будущего**

Помимо традиционных, ЦНИИТМАШ осваивает и новые для себя направления, так, с 2014 года в институте работает лаборатория аддитивных технологий. На предприятии функционируют два SLM-принтера (MeltMaster3D-550 и MeltMaster3D-160). Для РФЯЦ-ВНИИЭФ специалисты института разработали уникальный с точки зрения вспомогательных и контрольных систем SLM-принтер, предназначенный для проведения НИОКР и печати изделий; для АО «Наука и инновации» изготовлены два медицинских SLM-принтера MeltMaster3D-250M. Выполняются и внеотраслевые заказы: например, изготовлен и запущен в эксплуатацию в ПАО «РУСАЛ» первый в РФ промышленный атомизер для получения алюминиевых порошковых материалов.



# Пойдем на север!

*Атомные ледоколы — гордость России — становятся все мощнее. Машиностроители делают для них реакторы и другое необходимое оборудование. Эти решения можно будет использовать не только в судостроении*

Северный морской путь — кратчайший путь из Европы в Азию. Уже сейчас атомоходы единственного в мире атомного ледокольного флота проводят коммерческие суда через льды Арктики в рекордно короткие сроки. Атомные ледоколы с каждым поколением становятся все мощнее: теперь им под силу одолеть трехметровые льды. В состав Атомфлота в прошлом году вошел ледокол нового поколения 22220 «Арктика», строятся еще четыре таких же ледокола: «Сибирь», «Урал», «Якутия», «Чукотка». Эти суда сильно отличаются от своих предшественников: они мощнее, маневреннее, лучше держат курс, а еще умеют работать как в арктических морях, так и в устьях сибирских рек.

## В РИТМе инноваций

В развитии Атомфлота немалая заслуга принадлежит предприятиям АЭМ: именно здесь проектируют и изготавливают сердце атомного ледокола — реактор. Например, «Арктика» стала первым судном, оснащенным реактором РИТМ-200. Разработали его в ОКБМ им. Африкантова. Главной особенностью конструкции стала интеграция четырех парогенераторов в корпус реактора — до этого их устанавливали в отдельном корпусе. По сравнению с предыдущим поколением судовых реакторов (КЛТ-40М), РИТМ-200 стал почти вдвое легче (2200 тонн вместо 3800 тонн) и вдвое компактнее. А еще гораздо мощнее (55 МВт против 35 МВт) и выигрывает по сроку службы: назначенный ресурс — 320 000 ч против 100 000 ч, период непрерывной работы — 26 000 ч вместо 8000 ч.

РИТМ-200 для «Арктики» «Атомэнергомаш» изготовил в 2016 году. Эта установка стала для «ЗиО-Подольск» принципиально новым оборудованием: процесс изготовления осваивался с нуля, некоторые решения приходилось разрабатывать прямо на ходу. Были внедрены сразу несколько уникальных технологий и инструментов. Специалисты ЦНИИТМАШ разработали технологию обработки глубоких кольцевых разгрузочных пазов — это одна из самых сложных и ответственных операций при изготовлении реактора.

Для следующих ледоколов серии — «Сибирь» и «Урала» — уже также поставлены два реактора РИТМ-200. На очереди — «Якутия» и «Чукотка».

«ЗиО-Подольск» кроме реакторов изготавливает сепараторы, емкости, опорные кольца, другие комплексы

## Цитата



**Владимир Антекарев**

Директор по судостроению и ОПЭБ АЭМ:

“

Мы будем отвечать за производство и поставку всего ядерного оборудования для ледоколов проекта „Лидер“: двух реакторных установок РИТМ-400, четырех паротурбинных установок и всех сопутствующих систем. Контракт на укрупненную поставку для головного „Лидера“ с судостроительным комплексом „Звезда“ уже подписан. Сумма контракта — более 28 млрд рублей, она рекордная для судостроительного бизнеса „Атомэнергомаша“

”



тующие. Комплексный поставщик реактора — ОКБМ им. Африкантова, где производят насосы, парогенераторы, системы безопасности и защиты и другое оборудование.

На сегодняшний день «Арктика» — самый мощный ледокол в мире. Но меньше чем через 10 лет Атомфлот пополнится ледоколом следующего поколения — «Лидером», а затем еще тремя такими же ледоколами. «Лидер» будет существенно шире «Арктики» и справится со льдами толщиной 4,3 метра. Он сможет обеспечить круглогодичную навигацию по Северному морскому пути, в том числе для крупнотоннажных судов. Сердцем «Лидера» станет реактор РИТМ-400 мощностью 120 МВт. Поставки всего ядерного оборудования для супер-ледокола обеспечивает АЭМ.

### На суше и на море, под водой и под землей

Плавающие атомные станции могут доставить энергию в самые труднодоступные районы. ПАТЭС «Академик Ломоносов» успешно доказала это на практике: с 2019 года она снабжает надежной и чистой энергией чукотский город Певек. Проект двух реакторов КЛТ-40С, работающих на ПАТЭС, тоже разработали в ОКБМ. Развитие программы плавучих АЭС стала разработка ОПЭБ — оптимизированного плавучего энергоблока. Он будет состоять из двух реакторов РИТМ-200М и станет еще мощнее и эффективнее. А водоизмещение уменьшится почти в два раза — с 21 до 12 тыс.

Вообще РИТМ-200 — универсальный проект: его можно использовать не только на судах и плавучих энергоблоках. В ОКБМ разработали обливочный проект наземной АЭС с реактором РИТМ-200Н. Сейчас приоритетной площадкой для размещения такой станции малой мощности выбрана Якутия — поселок Усть-Куйга Усть-Янского улуса. В декабре прошлого года Росатом и правительство Республики Саха (Якутия) заключили соглашение, которое закрепляет принципы тарифообразования на электроэнергию в рамках проекта. Срок эксплуатации у малой АЭС такой же, как у обычной, — 60 лет, но она более компактная, а кроме того — модульная. Ожидается, что ее сооружение позволит практически в два раза снизить стоимость электроэнергии в Усть-Янском районе.

Вообще реакторы малой мощности — на пике интереса у энергетиков по всему миру. Проектами Росатома интересуются в Африке, Латинской Америке, островных государствах Юго-Восточной Азии. Со многими странами уже подписаны меморандумы о проработке возможностей сотрудничества по направлению плавучих атомных станций. Какой именно будет малая АЭС — зависит от предпочтений заказчика, а реактором в любом варианте станет одна из модификаций РИТМ-200. Теоретически такой реактор можно разместить и на барже, и под землей, и на понтонах. «Несколько лет назад к нам обратились французы — разработчики проекта подводной АЭС Flexblue. Мы показали им, что эксплуатация РИТМ-200 под водой возможна», — рассказал газете «Страна Росатом» первый заместитель генерального директора — генерального конструктора АО «ОКБМ Африкантов» Виталий Петрунин.

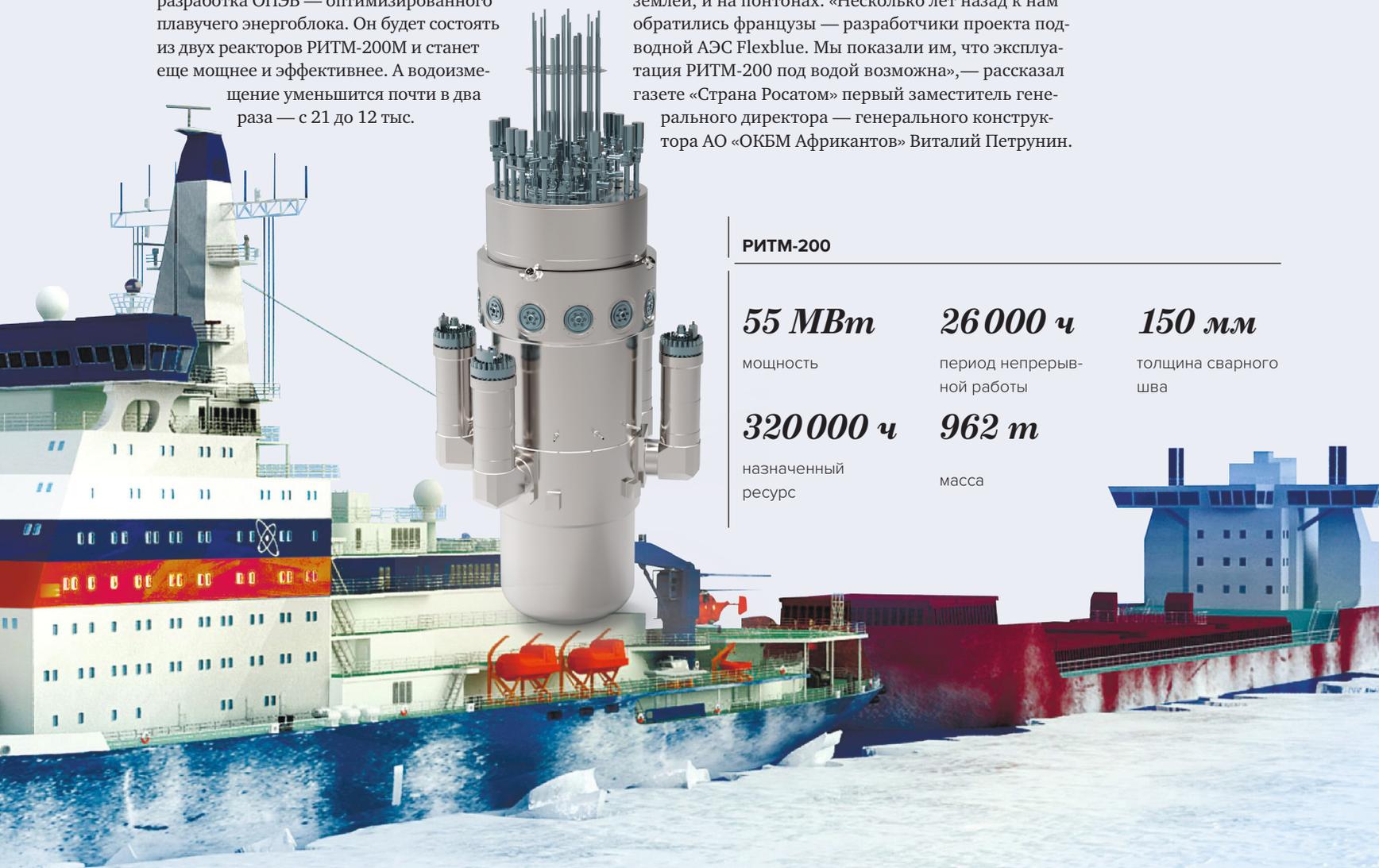
ОПЭБ

**100 МВт**

мощность

**10 лет**

интервал между  
перезагрузками  
ядерного топлива



#### РИТМ-200

**55 МВт**

мощность

**26 000 ч**

период непрерывной работы

**150 мм**

толщина сварного шва

**320 000 ч**

назначенный ресурс

**962 т**

масса



# Heavy metal

*Масштабы изделий, которые производят на предприятиях АЭМ, поражают воображение: они очень большие и очень тяжелые. Но для работы с ними требуется почти хирургическая точность*

**320 тонн**

весит корпус атомного реактора = два самолета «Боинг-747»

**100 видов**

изделий включает в себя реактор

**11 000**

нержавеющих труб содержит один парогенератор

**286 тыс. м<sup>2</sup>**

площадь производственного корпуса «Атоммаша» = 34 футбольных поля

## Цитата



**Андрей Никипелов**

Генеральный директор АО «Атомэнергомаш»:

“

Без преувеличения могу сказать, что на предприятиях „Атомэнергомаша“ нашими сотрудниками — конструкторами, инженерами, рабочими — закладываются основы надежной и безопасной работы АЭС российского дизайна. Они своими руками творят волшебные вещи, превращая многотонные железные заготовки в надежное и долговечное оборудование!

”

### Тонны, миллиметры и сутки

В известном мультфильме длину удава считали в мартышках и попугаях. Для оборудования АЭМ нужны более крупные «единицы измерения». Например, корпус атомного реактора весит 320 тонн, как два самолета «Боинг-747». Но работа с такими колоссальными деталями требует ювелирной точности. Один из ответственных этапов производства реактора — сварка двух полукорпусов. Их края нужно совместить так, чтобы зазор был не больше 1 мм! Сама сварка — это 10 суток работы, в течение которых шов непрерывно подогревается от 150 до 300 градусов.

### В самом сердце

У реактора богатый внутренний мир: реактор состоит из ста видов изделий — от огромных, 11-метровых, до мелких, размером в несколько сантиметров. На его изготовление уходит около двух лет: например, реактор для второго блока бангладешской «Руппур» на «Атоммаше» изготовили за рекордные 570 дней. Изготовление реактора включает в себя 768 операций. «Сердце» атомной станции проходит такие испытания, которые не снились даже космонавтам. Например, внутри реактора создается максимальное давление (24,5 МПа) — это выше рабочего давления почти в полтора раза, и оно равно давлению на глубине 2,5 км в океане.

О том, что такое реактор, слышали, наверное, даже те, кто мало что знает об атомпроме. Но парогенератор — не менее важная деталь для АЭС: именно он преобразует в пар тепловую энергию, поступающую от реактора через теплоноситель. Этот пар потом питает турбину, которая вращает электрогенератор. Для каждого блока нужно четыре парогенератора. Парогенератор длиннее автобуса — его длина 14 метров. В нижней части корпуса — 11 000 нержавеющей труб. Если сложить в длину все трубки комплекта из четырех парогенераторов, то получится длина в 560 км: это не намного меньше, чем расстояние по железной дороге от Петербурга до Москвы.

### В стране великанов

Для гигантских деталей нужно много места. Площадь одного только производственного корпуса «Атоммаша» — 286 тыс. м<sup>2</sup>, что равно примерно 34 футбольным полям и сопоставимо по площади с Ватиканом. В длину здание достигает 800 метров, а в высоту пролеты возвышаются на 44 метра — как 12-этажный дом.

Для производства таких деталей и оборудование нужно уникальное. В распоряжении машиностроителей самые современные инструменты и технологии. На «Атоммаше» работает единственный в России гидравлический листоштамповочный пресс мощностью 15000 тонносил. Он способен штамповать изделия диаметром до 5000 мм и толщиной листа до 380 мм (это больше чем высота листа А4). А на «ЗиО-Подольск» недавно внедрили прорывную технологию высокоскоростного сверления отверстий в деталях теплообменников для реакторов ВВЭР-1200. Трубные перегородки насчитывают от 2 до 3,5 тысяч отверстий. Новая технология позволила в 10 раз увеличить производительность процесса сверления отверстий.

### Им покоряется металл

Но главное на любом производстве — это, конечно, люди. Один из самых ответственных процессов при изготовлении оборудования — сварка. На предприятиях АЭМ работают настоящие профессионалы, которые не раз занимали первые места на общероссийских состязаниях. Сами сварщики говорят, что могут узнать «почерк» мастера по его работе.

Кстати, если кто-то думает, что сварка — это не женское дело, ему стоит познакомиться с Мариной Аксеновой. Она работает электросварщицей на «ЗиО-Подольск», трудовой стаж — уже 20 лет. «На мой взгляд, женщины более скрупулезны и формируют шов нежнее», — говорит Марина. Именно за такую работу сварщицам «Атоммаша» Надежде Юдиной (стаж 38 лет) и Елене Марченковой (стаж 41 год) объявлена благодарность президента Российской Федерации.

Многие сотрудницы АЭМ работают в профессиях, которые традиционно считаются мужскими, и отлично справляются со своей работой. «Люблю видеть осязаемый результат своей работы. Ржавая железка, кругляш благодаря твоим усилиям превращается на станке в красивую вещь», — рассказывает оператор станков с программным управлением ОКБМ Ирина Шальнова.

### Атомные династии

Машиностроители считают, что любовь к атомпрому передается по наследству. «Атомные» династии АЭМ — яркое тому подтверждение. В отрасли много семей, несколько поколений которых работают на одном предприятии. Например, общий стаж работы на «Петрозаводскмаше» мужчин семьи Тризно — Олега Ивановича и его сыновей Александра и Валерия — больше ста лет. Еще 17 лет добавляет невестка Татьяна, которая тоже работает на заводе. Валентина Викторовна Моргачёва работает на «ЗиО-Подольск» уже полвека. Здесь же трудятся ее муж, сын, невестка, два внука и супруга одного из внуков.

# С легким паром!

*А вы знаете, что парогенератор считается более высокотехнологичным оборудованием, чем реактор? При изготовлении парогенератора сначала нужно просверлить 22 тысячи отверстий, потом поместить в коллектор 11 тысяч труб и 22 тысячи раз их приварить. Именно в парогенераторе тепловая энергия превращается в механическую, которая затем станет электрической. Знакомьтесь с самыми яркими моментами производства парогенераторов на «Атоммаше»*



- Готовый парогенератор на перегрузке в порту
- Перемещение парогенератора весом 340 тонн с помощью специальной траверсы
- Подготовка теплообменных труб — змеевиков для последующей укладки в корпус парогенератора

- Визуальный контроль внутренней поверхности корпуса парогенератора
- Вырезка отверстий в обечайках под будущие патрубки с помощью программируемой газорезательной установки
- Парогенераторы на финишных операциях перед транспортировкой

- Перемещение парогенератора между пролетами производственного корпуса на передаточной тележке
- Набивка корпуса парогенератора теплообменными трубами, всего специалистам предстоит уложить 11 тысяч труб
- Сварка внутрикорпусных элементов на трубном пучке парогенератора
- Вид на два коллектора первого контура, установленных в корпус парогенератора
- Покраска корпуса парогенератора
- Корпус парогенератора перед установкой внутрикорпусных устройств



# Нет предела совершенству

*Современные реакторы — очень надежные, мощные, безопасные. Но атомщики не собираются почитать на лаврах: разрабатываются новые проекты и водо-водяных, и быстрых реакторов*



## На фото

Отгрузка корпуса реактора ВВЭР-ТОИ для первого блока Курской АЭС-2

## Конструктор для АЭС

В начале апреля этого года на «Атоммаше» произошло знаковое событие: с завода торжественно отгрузили корпус атомного реактора нового типа — ВВЭР-ТОИ. Длинной дорогой — на автотранспорте, потом по воде, потом снова на автопоезде — ВВЭР-ТОИ отправился на площадку строящейся Курской АЭС-2.

Название реактора расшифровывается так: водо-водяной энергетический реактор типовой оптимизированный и информатизированный. Проектированием нового реактора занималось ОКБ «ГИДРОПРЕСС». Атомщики без ложной скромности называют этот реактор технологическим прорывом. Любой проект АЭС — это штучный продукт, эксклюзив, созданный с учетом условий конкретной площадки. ВВЭР-ТОИ позволяет отойти от этой практики: ВВЭР-ТОИ стал основой типовых, серийных проектов строительства атомных станций.

В основе реактора лежит проверенная технология ВВЭР-1200. На ее технических решениях была создана единая информационная модель, включающая в себя 3D-модели единиц оборудования, собственную и стороннюю документацию. Теперь инженеры,

работающие над разными проектами, имеют доступ к единой базе данных и могут собирать АЭС как конструктор: каждый элемент станции больше не нужно создавать с нуля, необходимо только доработать уже существующие элементы так, чтобы они соответствовали конкретным условиям проекта. А концептуальные, конструктивные и компоновочные решения одни и те же.

## Типовая уникальность

По сравнению с ВВЭР-1200, ВВЭР-ТОИ — более совершенный проект: он позволяет сократить сроки строительства станции до 40 месяцев, снизить стоимость строительства на 20%, а эксплуатационные расходы — на 10%. АЭС с этим реактором будет мощнее — 1300 МВт. Кроме того, в проекте заложена возможность использования МОКС-топлива. В плане изготовления ВВЭР-ТОИ тоже стал уникальным реактором. При его производстве используется длинная обечайка чистым весом 117,4 тонны. Всего обечаек в ВВЭР-ТОИ три, а не пять, как в ВВЭР-1200. Использование этой длинной обечайки позволяет исключить сварные соединения в активной зоне реактора: всего в корпусе ВВЭР-ТОИ четыре, а не шесть сварных швов. При производстве реактора первого блока Курской АЭС-2 для автоматической сварки под флюсом для безникелевой стали применялись сварочные материалы, которые на «Атоммаше» раньше не использовались.

«Создание любого нового высокотехнологичного изделия, а тем более реактора нового поколения — всегда задача нетривиальная. С одной стороны, в случае ВВЭР-ТОИ и оборудования для него, базовые конструкционные решения уже достаточно известны и отработаны нами на практике, в производстве. С другой стороны — в атомном машиностроении любые изменения для изготовления нового продукта влекут за собой целую череду решений по адаптации технологического процесса. На данный момент мы продвинулись вперед вполне успешно», — отмечает генеральный директор АО «АЭМ-технологии» Игорь Котов.

## Спектр возможностей

Семейство реакторов ВВЭР продолжает развиваться. Сейчас в ОКБ «ГИДРОПРЕСС» разрабатывают проект ВВЭР-С: водо-водяного реактора со спектральным регулированием. В этом реакторе водно-урановое соотношение будет изменено: в самом начале работы реактора в активную зону вводятся вытеснители. Это

## Цитата



### Вячеслав Першуков

Спецпредставитель Росатома по международным и научно-техническим проектам, руководитель проектного направления «Прорыв»:

“

В комплексной программе «Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в РФ на период до 2024 года» есть раздел «Двухкомпонентная атомная энергетика». В него вошли работы по развитию технологии ВВЭР и по быстрой тематике. Мы создаем двухкомпонентную атомную энергетiku не только для себя, но и для всего мира

”

позволяет создать более жесткий спектр нейтронов и потратить нейтроны, которые в обычных ВВЭР поглощаются, на наработку новых делящихся материалов. По мере выгорания активной зоны вытеснители извлекаются, вытесняются водой. В конце топливной кампании ВВЭР-С работает как обычный ВВЭР. Это и называется спектральным регулированием.

Применение такой системы имеет много плюсов. Во-первых, экономится природный уран: при той же мощности в 1200 МВт ВВЭР-С будет потреблять на 30% меньше урана, чем ВВЭР-1200. Во-вторых, этот реактор сможет эффективно работать полностью на МОКС-топливе — сейчас в активную зону легководных реакторов можно загрузить не более 50% такого топлива. А значит, ВВЭР-С, потребляя только регенерированное топливо, впишется в замкнутый ядерный топливный цикл. В-третьих, проектировщики планируют оптимизировать все конструкции ВВЭР-С, снизив капзатраты на строительство таких блоков на 10–15% по сравнению с ВВЭР-1200. И в-четвертых, спектральное регулирование позволяет полностью отказаться от использования борной кислоты в воде первого контура, что приведет к значительному снижению образования радиоактивного трития на АЭС.

### Замыкая цикл

Реакторы на быстрых нейтронах — параллельная водо-водяным ветвь развития реакторных технологий. Россия — пионер и лидер развития «быстрых»

натриевых технологий: только в нашей стране действуют два промышленных блока с такими реакторами — это БН-600 и БН-800 на Белоярской АЭС. Атомщики уверены, что в двухкомпонентном ядерном топливном цикле быстрые реакторы займут свою нишу. Все дело в уникальных свойствах таких реакторов: их можно сравнить с печкой, которая, сжигая дрова, воспроизводит новые в еще большем количестве. Быстрые реакторы умеют работать на отходах, образованных тепловыми реакторами. Это значит, что природного урана расходуется в разы меньше, а запасы топлива для быстрых реакторов будут очень велики.

Сейчас в активной фазе разработки находится проект реактора БН-1200. Главный конструктор — ОКБМ имени Африкантова. Кстати, первый опытно-промышленный реактор БН-350, успешно работавший в казахстанском городе Шевченко, разработан здесь же, в ОКБМ, еще в 1960 году. С тех пор предприятие руководит разработкой всех ключевых «быстрых» натриевых проектов.

В проекте БН-1200 удельная стоимость сооружения блока будет снижена до уровня ВВЭР-1200, мощность достигнет 1250 МВт. Безопасность у нового проекта будет еще выше, чем у «старших братьев» (БН-600 и БН-800): все натриевые системы и оборудование первого контура будут полностью интегрированы в бак реактора, что исключает течи радиоактивного натрия; система аварийного теплоотвода будет оснащена автономными теплообменниками, встроенными в корпус реактора; будет дополнительно внедрена система пассивного останова на основе стержней, реагирующих на изменение температуры натрия при выходе из активной зоны. Кроме того, новый реактор будет оснащен системой локализации аварийных выбросов. По уровню безопасности БН-1200 будет соответствовать требованиям IV поколения. Документация проекта БН-1200 уже успешно прошла отраслевую экспертизу.

### ВВЭР-ТОИ

**1300 МВт**

мощность

**40 месяцев**

срок строительства блока

**На 20%**

ниже стоимость строительства по сравнению с ВВЭР-1200

### ВВЭР-С

Сможет работать при 100% загрузке МОКС-топливом

### БН-1200

Проект соответствует уровню безопасности IV поколения

Фото: «Страна Росатом»

Транспортировка частей вакуумной колонны для Московского НПЗ ПАО «Газпромнефть»



## Колоссальные масштабы

*Мимо Кремля проплывают части огромной колонны, по размеру сравнимой с советской ракетой-носителем... Похоже на кадр из фантастического фильма, но это реальность: оборудование «Атомэнергомаша» нужно не только атомщикам, но и крупнейшим предприятиям других отраслей по всей стране*

### В «колониальном» стиле

Колонна, о которой идет речь, была изготовлена на волгодонском «Атоммаше» для Московского нефтеперерабатывающего завода в 2017 году. Итог почти двухлетней работы специалистов впечатляющий: длина колонны составляла 53 метра, диаметр — 11 метров, масса — 512 тонн. «Мы впервые столкнулись с тем, что в наше технологическое оборудование не входят изделия диаметром более 10 метров. Поэтому специалисты искали новые решения: переоборудовали рабочие места, создали новые, специализированные. А рентген-контроль проводили на открытой площадке», — рассказал директор по производству Волгодонского филиала

АО «АЭМ-технологии» Виталий Шишов. Работали над уникальным изделием всем заводом. Десятки самых квалифицированных сварщиков заварили более 2 км швов — это суммарная длина соединений в оборудовании. Работа кипела круглосуточно, в несколько смен. Колонна прошла 850 этапов изготовления, в производстве использовалось 40 тонн сварочных материалов.

А месяцем ранее триумфальный путь по Москве-реке проделал другой супергабаритный груз — атмосферная колонна для Московского НПЗ, изготовленная на «Петрозаводскмаше». При диаметре 6,5 метра она имела высоту более 66 метров, а массу — 385 тонн.

Чтобы сохранить необходимую овальность колонны, к которой предъявляются повышенные требования, специалисты «Петрозаводскмаша» разработали специальную оснастку. Обе колонны стали частью комбинированной установки переработки нефти «Евро+», которая обеспечивает производство компонентов бензина, дизельного и авиационного топлива.

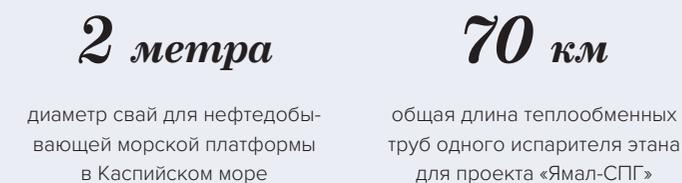
### Нефтяникам есть на что опереться

Колонны — впечатляющее, но далеко не единственное оборудование, которое атомные машиностроители делают для нефтегазовой отрасли. Предприятия «Атомэнергомаша» изготавливают колонны, реакторы, емкости, теплообменные аппараты, насосное оборудование, трубопроводную аппаратуру и детали трубопроводов. А еще — опорные конструкции морских платформ для добычи нефти и газа. Так, «Атоммаш» выполнил поставки свай для нефтедобывающей морской платформы месторождения имени В. Филановского в Каспийском море. Это гигантские трубы диаметром более 2 метров — «ноги» платформы, и к ним предъявляются строжайшие требования: они отвечают за устойчивость всей конструкции. Как всегда, от машиностроителей требуется идеальная точность: отклонения от прямолинейности на любом участке секции длиной 10 метров не должны превышать 10 мм, а разность между наибольшим и наименьшим наружным диаметром по всей длине изделия должна быть не более 6 мм. Контракт включал в себя 1200 тонн оборудования для этой платформы.

### Сектор газа

«Атомэнергомаш» стал одним из ключевых участников реализации дорожной карты правительства России по развитию отечественных СПГ-технологий. Предприятия АЭМ первыми в стране освоили производство спирально-витых теплообменных аппаратов и криогенных насосов средней мощности. В 2019 году «ЗиО-Подольск» поставил первый импортозамещающий теплообменный аппарат для проекта «Ямал СПГ». Всего в рамках проекта предприятие изготовило шесть аппаратов, относящихся к критически важному оборудованию: пять испарителей этана и одну емкость мгновенного испарения. Высота испарителей составляет порядка 15 метров, диаметр — до 2,6 метра, масса — от 61 до 86 тонн. Внутренняя часть аппарата содержит 3,8 тысячи теплообменных труб общей длиной более 70 километров. Оборудование задействовано в процессе сжижения природного газа и будет работать при температуре ниже минус 170 °С.

Машиностроители создали первый в России испытательный стенд криогенных насосов для СПГ-проектов. Стенд создан в Петербурге на базе АО «НИИЭФА» по заказу АО «ОКБМ Африкантов». На этом стенде проводятся приемочные и сертификационные испытания СПГ-насосов в среде жидкого азота. В ходе испытаний осуществляется контроль всех необходимых характеристик насосов: уровня шума и вибрации, расхода и напора насоса, мощности и так далее.



### Цитата



**Андрей Никипелов**

Генеральный директор АО «Атомэнергомаш»:

“

Импортозамещение оборудования для СПГ-проектов является одним из государственных приоритетов. Вместе с заказчиком нами с нуля были разработаны первые отечественные теплообменные аппараты, первые СПГ-насосы. Сегодня можно говорить о том, что мы освоили эти виды оборудования и вместе с нашими партнерами планируем расширение сотрудничества и производственной линейки

”

# Надежная поддержка

*Любой обладатель даже самого обычного автомобиля знает, насколько важен хороший сервис. Для высокотехнологичного оборудования АЭС качественное сервисное обслуживание на всем жизненном цикле — важнейший элемент стабильной и безопасной работы, а для компаний, которые осуществляют эту работу, — гарантия конкурентного преимущества*

## Пожизненный союз

Реакторы ВВЭР с использованием воды под давлением в качестве основного теплоносителя — одни из самых технически удачных и распространенных в мире типов ядерных энергетических установок. Предприятия машиностроительного дивизиона исторически являются головными поставщиками основного оборудования машзалов и ЯППУ для реакторов ВВЭР российского дизайна в России и за рубежом. В современном мире постоянно развивающихся

ядерных технологий недостаточно просто поставить оборудование и осуществить шефмонтаж. На первый план выходит непрерывная поддержка эксплуатации и качественное сервисное обслуживание на протяжении всего жизненного цикла оборудования его поставщиком — это становится одним из основных конкурентных преимуществ крупных машиностроительных компаний международного уровня. Не менее важна и своевременность — как сервисных услуг, так и обеспечения эксплуатирующей организации необходимым набором запчастей и комплектующих для выполнения работ в ходе всех видов планово-предупредительных и аварийных ремонтов, ведь каждый час простоя энергоблока АЭС приводит к существенным потерям прибыли от недовыработки электроэнергии.

## Цитата



**Андрей Синяков**

Директор по закупкам и сервису АО «Атомэнергомаш»

“

Чтобы сохранить лидерство на рынке атомного и энергетического машиностроения, нам уже сегодня необходимо меняться, в первую очередь улучшая клиентоориентированность за счет повышения качества предоставления сервисных услуг для наших основных заказчиков. Многие зарубежные машиностроительные компании уже не первый год идут по этому пути, понимая, что качественным сервисом можно не только повысить уровень удовлетворенности заказчика, но и получить дополнительную прибыль, и здесь нам необходимо не отстать. Это тот случай, когда, чтобы оставаться на месте, необходимо очень быстро бежать

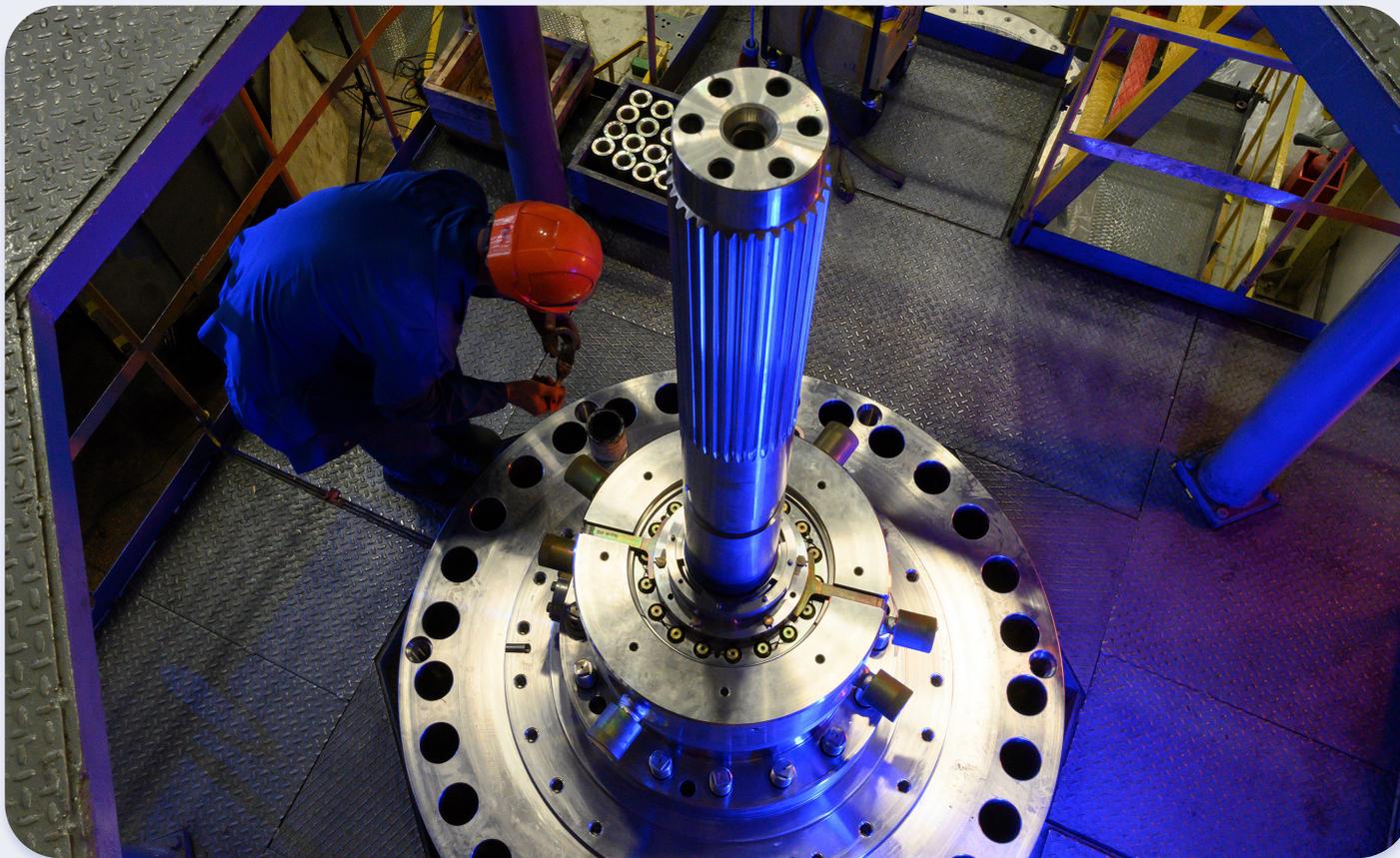
”

Так, АО «ЦКБМ» изготовило и в апреле текущего года отгрузило комплекты запасных частей для главных циркуляционных насосов двух зарубежных станций: для проведения ППР насосного оборудования первого контура на АЭС «Темелин» (Чехия) отгружены комплектующие для ГЦН-195, а в Китай отправлены запасные части (фланцы, трубы, болты, кольца) главных циркуляционных насосных агрегатов ГЦНА-1391, которые используются на энергоблоках первой очереди Тяньваньской АЭС с реакторами ВВЭР-1000.

## Курс на модернизацию

Сервисное обслуживание и поддержка надлежащей работы оборудования включают своевременное обеспечение эксплуатирующей организации запчастями и комплектующими, оказание технических и консультационных услуг по сопровождению эксплуатации, техническое обслуживание и ремонт, обоснование продления сроков эксплуатации оборудования. А еще — комплектную поставку новых единиц основного оборудования в рамках программ модернизации АЭС.

Наращивание темпов замены морально и технически устаревшего оборудования наряду с развитием и повышением качества сервисных услуг является одной из важных стратегических задач, которые стоят перед машиностроительным дивизионом в 2021–2023 годах. Устаревшее и изношенное оборудование необходимо



менять, чтобы не допускать возникновения проблем в процессе его эксплуатации и предотвращать остановки энергоблоков из-за ужесточения требований к безопасности оборудования для объектов использования атомной энергии или из-за возникновения аварийных ситуаций, связанных с выработкой регламентного ресурса оборудования. Уже сейчас предприятия АЭМ реализуют ряд крупных проектов по модернизации оборудования на РУ ВВЭР.

Например, в рамках модернизации блока № 3 Балаковской АЭС АО «АЭМ-технологии» в конце 2020 года взяло на себя обязательства по поставке двух парогенераторов ПГВ-1000М, а АО «ЗиО-Подольск» выполнит поставку трех пароперегревателей СПП-1000. Замена парогенераторов и пароперегревателей будет проведена в связи с достижением эксплуатационных пределов. Задача сложная и ответственная: сроки проведения работ по модернизации на АЭС четко регламентированы.

### Под круглосуточным контролем

Сохранять технологическое лидерство без внедрения цифровых продуктов в современном мире невозможно, и у эксплуатирующих организаций появилась потребность в постоянном дистанционном

## 300 °C

рабочая температура для  
насоса ГЦН-195

## >31 км

общая длина труб  
в пароперегревателе  
СПП-1000

## 408 кг/с

паропроизводительность парогенератора  
ПГВ-1000М

мониторинге состояния оборудования по различным параметрам при участии разработчика, изготовителя и генерального конструктора РУ ВВЭР. Это позволит в круглосуточном режиме следить за состоянием оборудования, выявлять перебои в его работе, определять степень износа отдельных узлов и, что самое важное, предотвращать аварийные ситуации.

Сегодня предприятия АЭМ активно развивают и готовят к внедрению уникальные системы дистанционного цифрового мониторинга статического и динамического оборудования собственного изготовления, установленного на РУ ВВЭР. Одним из ярких примеров таких предложений с высокой степенью готовности является разработанная ЦКБМ система дистанционного мониторинга и предиктивной аналитики циркуляционных насосов ГЦНА, позволяющая своевременно выявлять отклонения от нормальной эксплуатации и устранять их. А в головной материаловедческой организации Росатома, ЦНИИТМАШ, раз-

работана цифровая система, позволяющая прогнозировать деградацию свойств металла оборудования реакторной установки при эксплуатации. С заказчиком (Концерн «Росэнергоатом») уже идет обсуждение их внедрения на АЭС с ВВЭР, и это внедрение — дело ближайшего будущего.

# 45 лет АТОММАШ

## Наш «Атоммаш»

45 лет — прекрасный возраст: это зрелость, накопленный опыт и силы для новых свершений. В год сорокапятилетнего юбилея волгодонского «Атоммаша» «Вестник атомпрома» дает подборку самых интересных фактов о легенде атомного машиностроения



### Что в имени тебе моём...

Знаменитый логотип «Атоммаша» придумывали всей страной. В 1977 году был проведен отраслевой творческий конкурс, на котором победил эскиз работника Закирова с Ленинградского Металлического завода. Автор получил премию 10 рублей. Буквы «А» и «М» выполнены в виде стилизованного изображения обечайки реактора и расщепленного атомного ядра.



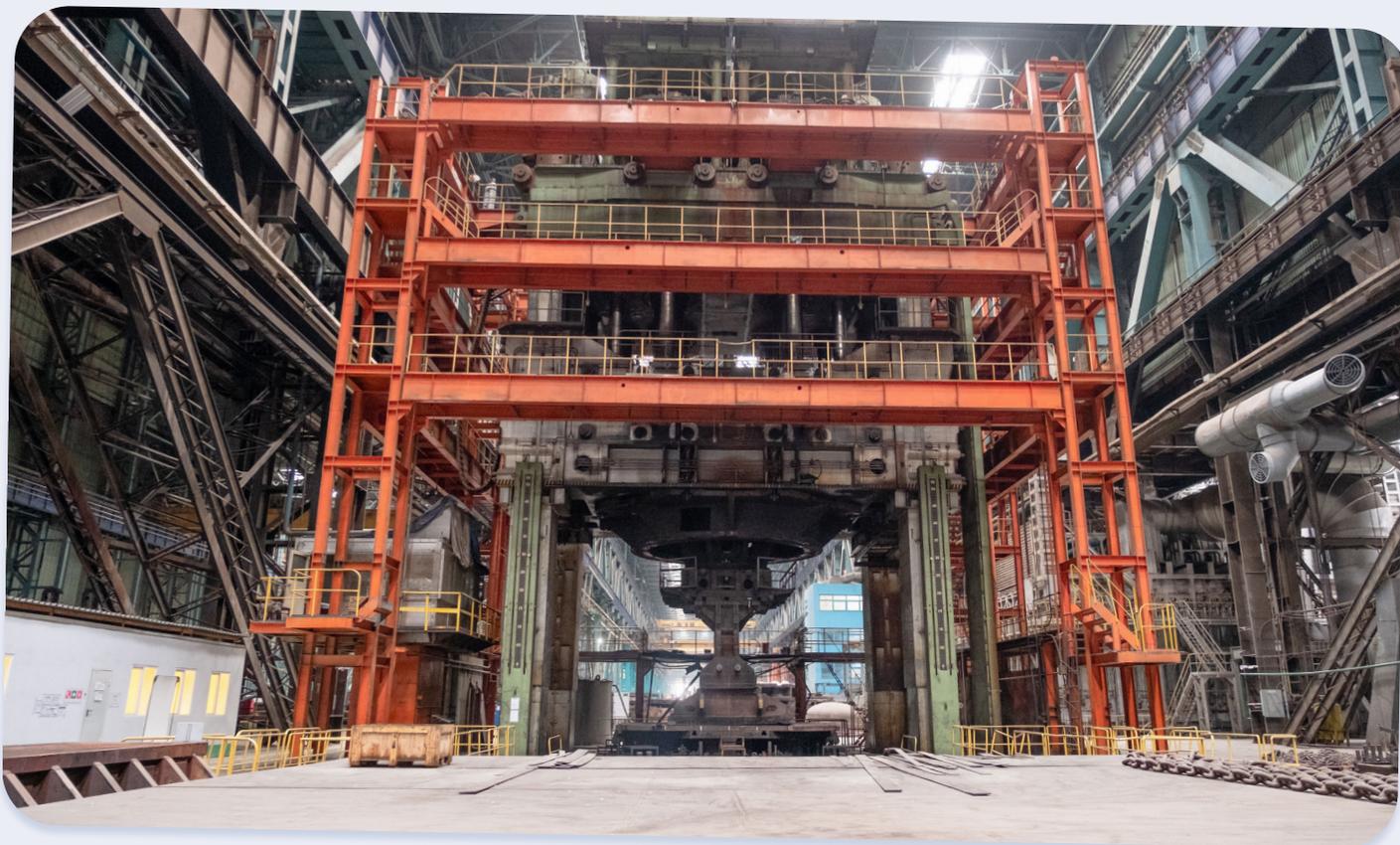
### С космосом на «ты»

«Атоммаш» участвовал в космической программе — в 1997–1998 годах завод работал над оборудованием для проекта «Морской старт». Впервые в истории спутник был поднят на орбиту Земли с водной поверхности. «Атоммаш» изготовил установщик для подъема и установки ракеты на пусковой стол.



### Какие люди!

«Атоммаш» привык к вниманию звезд: например, несколько лет назад здесь побывал музыкант Сергей Шнуров. А все началось с того, что как-то раз шоумен заявил, что образ сварщика в его представлении далек от идеала. «Атоммаш» позвал музыканта в гости — и Сергей, приехав на завод, был приятно поражен и масштабами предприятия, и людьми, которые здесь работают. Шнуров даже попробовал себя в роли сварщика.



### Сцена для звезд

Листоштамповочный пресс «Атоммаша» за свою долгую жизнь побывал даже... сценой! На нем давали концерты Иосиф Кобзон, Лев Лещенко и вокально-инструментальные ансамбли. Прессу было совсем не тяжело: он способен выдержать нагрузки до 15 000 тонн.



### Как стать миллионером

Сварка — один из самых важных и ответственных процессов при изготовлении оборудования для атомных станций. На «Атоммаше» работают высококвалифицированные специалисты, среди них — три сварщика-миллионера. Это победители чемпионата сквозных рабочих профессий WorldSkills Hi-Tech 2016, 2017, 2018 годов.



### Памятник на века

Рядом со входом на «Атоммаш» стоит уникальный монумент — настоящий корпус реактора ВВЭР-1000. Такого в мире больше нет. Его изготовили еще в 1980-х годах, но к концу десятилетия энергетическая стратегия СССР изменилась, и на АЭС корпус так и не отправился. Зато теперь заглянуть внутрь реактора может каждый!

**Текст:** Дарья Быстрова  
**Фото:** «Страна Росатом»

А. Лихачев и С. Обозов посетили предприятия атомной отрасли в Ростовской области



## ПСР — заказ принят!

*Алексей Лихачев сформулировал новый ПСР-заказ на ближайшие 10 лет*

**В апреле в Волгодонске прошел управляющий совет ПСР. Глава Росатома Алексей Лихачев рассказал, как ПСР сможет помочь госкорпорации увеличить выручку до 4 трлн рублей к 2030 году.**

На пленарном заседании — главном событии управляющего совета — Алексей Лихачев отметил активное развитие ПСР в отрасли и за ее пределами: «Мы устойчиво стоим на двух „ногах“ — внутри-отраслевой работе по развитию ПСР и внедрении наших бережливых технологий в стране. Они, без сомнения, взаимосвязаны и подкреплены федеральными проектами. Никуда мы не денемся от страны, а страна никуда не денется от нас». В таких условиях, подчеркнул Алексей Лихачев, особенно важно сохранять внутренний ресурс, чтобы соответствовать

вызовам извне и достигать собственных стратегических целей. Поэтому пленарное заседание посвятили внутренней повестке.

Директор по развитию бизнеса госкорпорации Екатерина Ляхова сообщила, что Росатом к 2030 году планирует увеличить выручку до 4 трлн рублей, из них 1,6 трлн — от новых бизнесов. «Чтобы достичь этой цели, — пояснила она, — необходимо уже на старте применять инструменты и технологии ПСР. На 2021 год часть новых бизнесов уже сформировала ПСР-заказ». Например, ПСР пригодится в работе «Русатом Хэлскеа». «Есть цель создать сеть отделений радионуклидной терапии по всей России. А у ПСР уже есть опыт реализации проекта «Бережливая поликлиника». И стоит еще более амбициозная задача — сделать региональную сеть клиник первичной медицинской помощи практически

в каждом регионе страны», — сказала Екатерина Ляхова.

В общем, работы у офиса ПСР прибавится. Если в 2020 году его специалисты занимались 14 заказами от отраслевых дивизионов, то в этом году ожидается двукратный рост — за счет проектов сооружения АЭС, новых продуктов ЯОКа и новых бизнесов. Но это еще не все.

В ходе пленарного заседания Алексей Лихачев сформулировал три масштабных отраслевых заказа для ПСР на ближайшие 10 лет. Первый касается требований к ПСР-предприятиям. «Нужно определить для них новую высоту. Отдельным требованием должно стать направление Lean Smart Plant», — заметил глава Росатома.

### Выход на новый уровень

Базовая модель развития бережливых предприятий в Росатоме была сформирована в 2015 году, когда началось системное развертывание ПСР. Тогда эта модель состояла из четырех ступеней: «Минимум», «Резерв», «Кандидат» и «Лидер». Лидеры ПСР формируют более 80 % выручки в Росатоме. Основные критерии статуса — выполнение бизнес-показателей по снижению затрат и сокращению запасов, повышению производительности труда и т. д.

Лучший способ сделать оптимизированные процессы еще эффективнее — цифровизация, поэтому в 2020 году появился новый уровень — Lean Smart Plant. За первые месяцы этого года на 20 предприятиях были созданы и согласованы комплексные дорожные карты, объединяющие ПСР и ИТ-проекты.

По итогам 2020 года обладателями статуса «Лидер» стали 36 предприятий, «Резерв» — 21, «Минимум» — 32. «Лидеры должны прорываться вперед. Параллельно на уровень развитой ПСР будут выходить те предприятия, которые сейчас в резерве. Еще одна важная задача — вывести все оставшиеся предприятия Росатома на „ПСР-минимум“,» — сказал заместитель гендиректора Росатома по развитию производственной системы Сергей Обозов.

### Для развития потенциала

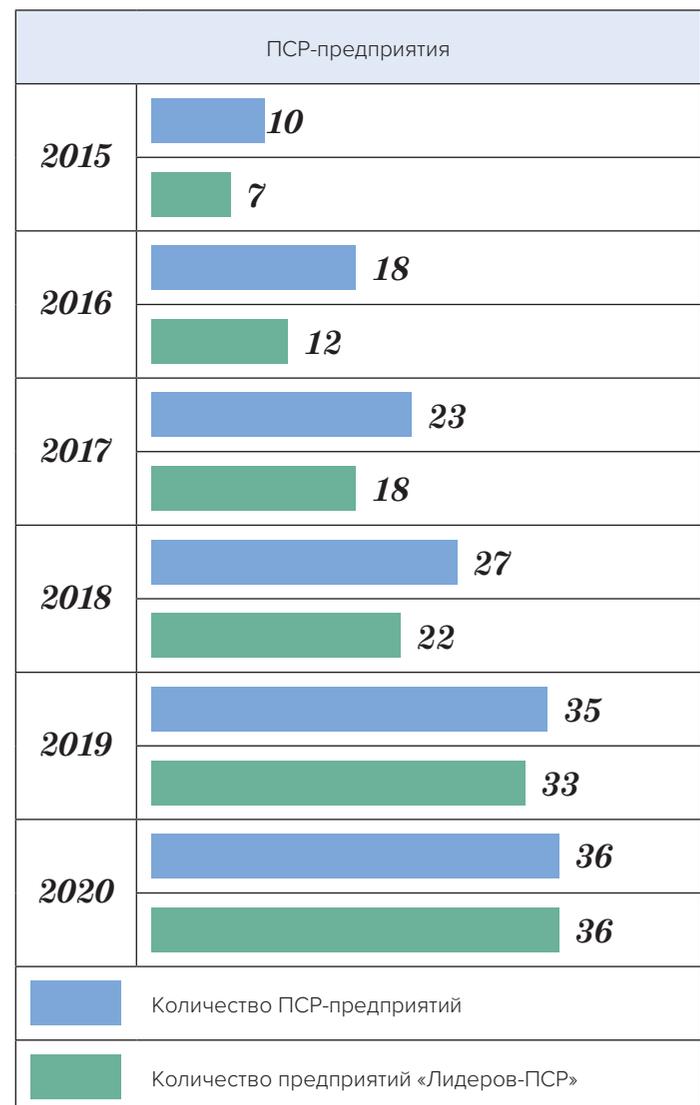
Второй заказ — работа с людьми, создание отраслевой среды для развития потенциала сотрудников. «Перед нами стоят вызовы по росту выручки, сокращению затрат, новым продуктам. Здесь важна активная позиция руководителей отрасли по подключению ресурса ПСР», — заметил Алексей Лихачев. И добавил, что нельзя забывать о работе с линейным персоналом, рабочими и операторами: «Это фундамент, на котором держится производственная система. Люди на месте должны воспроизводить культуру ПСР, следовать ей. На мой взгляд, это возможно через развитие отраслевого института малых групп».

«Наибольшее влияние на готовность поддерживать изменения на предприятиях оказывают линейные

## Подведение итогов развития ПСР в 2020 году

Для соответствия статусу «Лидер ПСР» необходимо выполнение двух условий:

№	Условия	Как подтверждаются	Статус «Лидер ПСР»
1	Достижение бизнес-целей предприятия	Финансовая отчетность предприятия	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Качество развития ПСР	Оценка РППК	<input checked="" type="checkbox"/>



А. Лихачев протестировал очки дополненной реальности на «Атоммаше»



руководители, — говорит заместитель гендиректора Росатома по персоналу Татьяна Терентьева. — Необходимо уделять им больше внимания, создавать площадки для обмена опытом. Считаю важным запустить такие практики, как день линейного руководителя и производственная лига, где можно обсуждать производственную повестку, оперативно решать проблемы и формировать настоящую корпоративную культуру».

Важно развивать профессиональные сообщества, такие как цеховые клубы, продолжать развитие добровольных профессиональных сообществ для обмена опытом и знаниями. Три цеховых клуба были открыты в Росатоме в ноябре 2020 года: представители разных предприятий совместно решают проблемы на площадках.

### К стратегическим целям

Третий заказ касается стратегии Росатома. Необходимо визуализировать путь к стратегическим целям, увидеть риски и уже сейчас с ними работать. Кроме того, важно каскадировать стратегию на уровень дивизионов, предприятий и производственных площадок.

«Мы должны развернуть нашу стратегию от топ-менеджеров до малых групп на производстве, чтобы люди понимали, какую именно задачу сейчас решают и почему это важно, — говорит Алексей Лихачев. — Например, малая группа на „Петрозаводскмаше“, изготавливая коллектор первого контура, должна понимать, что от его своевременной сдачи зависит, сможет ли „Атоммаш“ вовремя отгрузить парогенератор для Курской АЭС-2, а Росатом — вовремя запустить блок. Это командный зачет Росатома».

## Топ-10 лидеров ПСР 2020 года

№	Предприятие	Количество баллов
1	ЧМЗ	85,348
2	МСЗ	61,938
3	«Атоммаш»	55,625
4	Балаковская АЭС	51,516
5	ЦКБМ	42,625
6	Калининская АЭС	37,469
7	ДальРАО	33,247
8	«ОКБМ Африкантов»	31,654
9	ЭХЗ	31,097
10	УЭХК	30,425

## Приоритеты заказчиков ПСР в 2021 году

Год	Зона традиционной активности заказчиков	Заказы
2019		13
2020		14
2021		29
	Двукратный рост числа заказов в 2021 году	+5 сооружение АЭС
		+5 новые продукты ЯОК
		+5 новые бизнесы



Волгодонск выбран для проведения отраслевого совета, так как именно здесь работает крупнейшая производственная площадка отрасли — завод «Атоммаш», а также действуют другие предприятия. Перед пленарным заседанием делегация руководителей посетила производство «Атоммаш». ПСР на заводе развивается с 2013 года. В 2020 году установлен производственный рекорд: выпущено три корпуса реактора и 18 парогенераторов. Сейчас «Атоммаш» модернизирует технологическое оборудование, внедряет цифровые решения. Система мониторинга увеличила цикл работы ключевого производственного оборудования на 25% и при этом сократила необоснованный простой на 30%. Руководителям продемонстрировали очки дополненной реальности, которые позволяют в онлайн-режиме проводить приемку оборудования.

С 2018 года в рамках системного развертывания ПРС специалисты «Атоммаша» совместно с АО «ПСР» развивают направление «Развитие поставщиков атомной отрасли», в которое включено волгодонское предприятие «Атомспецсервис», выпускающее оборудование для АЭС. Сотрудники «Атоммаша» выбрали два пилотных участка для развития: механический парк и заготовительный участок — поток изготовления блоков ТЭН. За год удалось сократить время изготовления изделия с 25 до 15 дней, при этом увеличить производительность труда на 25%. С 2020 года «Атоммаш» внедряет инструменты ПСР, охватывающие все направления деятельности производственной площадки: декомпозиция цели, обучение, проектная деятельность и т. д.

«Атоммаш» первым в машиностроительном дивизионе внедрил стандарты ПСР-инжиниринга для создания ПСР-образца. При реализации проекта «Капитальный ремонт зенитных фонарей» здания производственного корпуса № 3 сотрудники в 2 раза

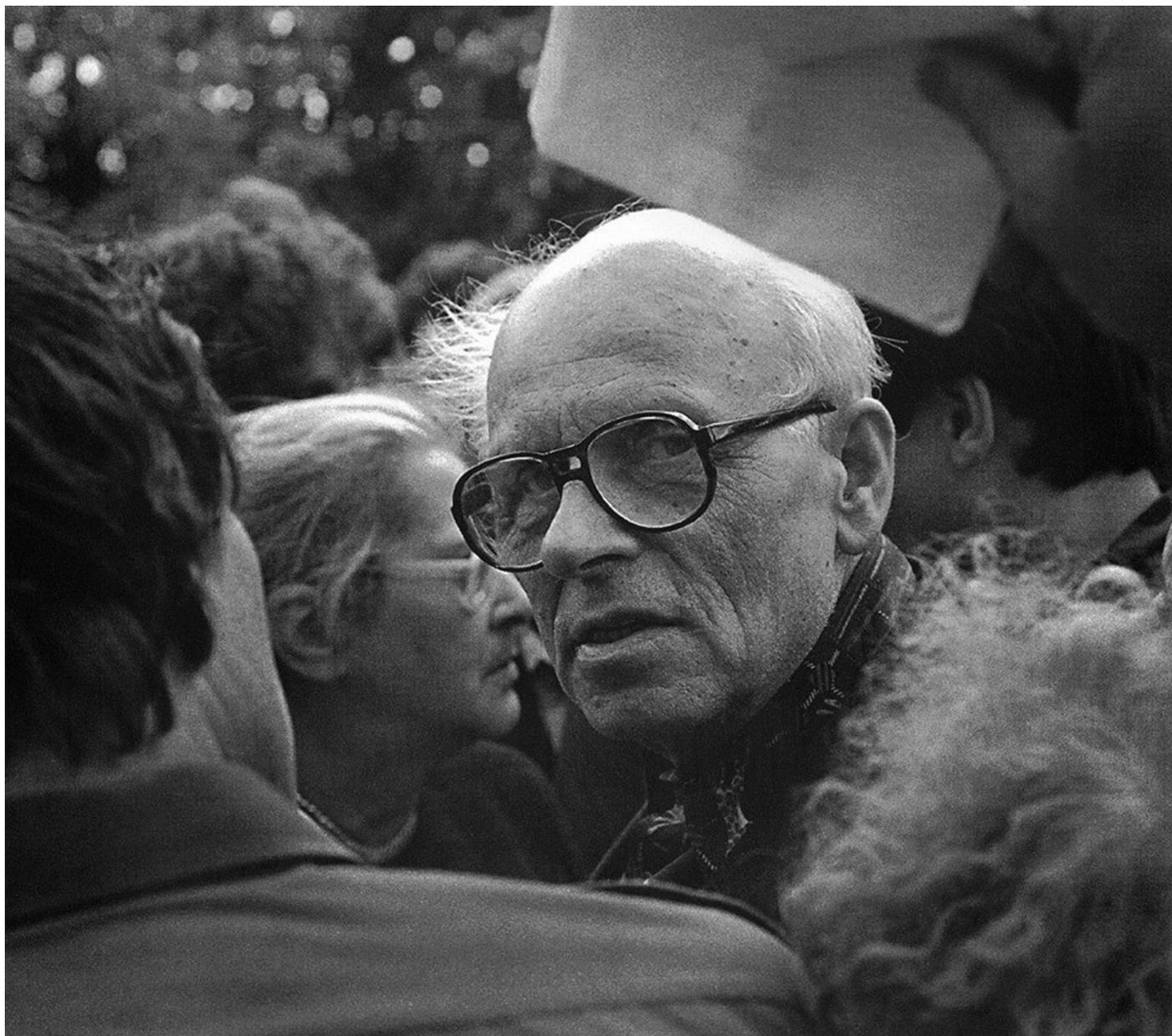
повысили производительность работ и ликвидировали отставание в 83 дня. Разработан стандарт выполнения работ по замене зенитных фонарей.

На Ростовской АЭС гостям показали созданный с применением ПСР участок сортировки отходов, на котором в два раза повысилась производительность труда и на 30% — качество сортировки отходов.

Также был продемонстрирован участок стирки спецодежды, где была создана площадка для практического обучения инструментам и навыкам ПСР.

Делегация руководителей посетила компании «Атомспецсервис» и «Новавинд», провела рабочую встречу с администрацией Волгодонска — обсудила результаты проекта «Эффективный муниципалитет». Сейчас в Волгодонске реализуются 34 проекта по разным направлениям — в сфере медицины, ЖКХ, образования и т. д. Например, благодаря реализации проекта в сфере ЖКХ удалось в 4 раза сократить время замены выпуска хозяйственно-бытовой канализации многоквартирного дома, а также снизить само время ожидания этой замены с 11 до 2 месяцев.

Итогом прошедшего в Волгодонске заседания УС ПСР стал протокол, который зафиксировал итоги системного развития ПСР на предприятиях за 2020 год и утвердил цели и задачи развития производственной системы в 2021 году, а также определил круг предприятий, на которых продолжится системное развитие производственных систем.



## Андрей Дмитриевич Сахаров

1921—1989

**Физик, один из создателей термоядерного оружия, академик АН СССР, трижды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственной премий СССР, лауреат Нобелевской премии мира.**

Крупнейший ученый современности, он был автором выдающихся работ по физике элементарных частиц и космологии. Ему принадлежит основная идея осуществления термоядерного синтеза. Весь мир знает А. Д. Сахарова не только как блестящего физика, но и как видного общественного деятеля — бесстрашного борца за права человека и утверждение гуманистических ценностей.



Юрий Трутнев,

первый заместитель научного руководителя  
РФЯЦ-ВНИИЭФ по перспективным разработкам,  
академик РАН

## «Я надеюсь, что сахаровская закалка в нас осталась, и мы будем действовать, как Сахаров»

*Выступление Юрия Трутнева на совместном заседании НТС ЯОК и РФЯЦ-ВНИИЭФ*

Я счастлив, что дожил до времени 100-летия Сахарова. Я с 1951 года работаю во ВНИИЭФ. Руководство института — Харитон, Зельдович, Сахаров, Франк-Каменецкий — сыграло очень большую роль в моем становлении и обучении. В начале я был неграмотным в тех вопросах, которыми пришлось заниматься, — но освоил и работал.

Я познакомился с Сахаровым по-настоящему в 1954 году. До этого я знал его как ученого, который придумал первую водородную бомбу РДС-6с. Я сразу почувствовал, насколько это проницательный и добрый человек — во всех отношениях. Его отношение к молодым специалистам было очень заботливым и осторожным, чтобы молодой специалист не чувствовал свое ничтожество.

В 1954 году появились различные идеи атомного обжигания, и работа в этом направлении началась. Путь к этой идее был очень сложным, потому что надо было выбрать физические явления, которые способствовали бы созданию настоящего термоядерного оружия. Разные ученые приходили к этому по-разному. Я по-своему пришел, и поэтому когда Зельдович с Сахаровым вернулись однажды из Москвы (это было в мае 1954 года), и Зельдович рассказал команде своего отдела, что такое атомное обжигание, я понял, что моя идея пройдет. Я тут же пошел к Сахарову и получил от него одобрение. И работы начались по всему институту. После этого мы очень плотно взаимодействовали. Здесь коллектив физиков-теоретиков сыграл большую роль. Была создана такая атмосфера со стороны Сахарова, что каждый старался высказать свою идею, которая, по его мнению, должна толкнуть дело вперед.

Должен сказать, что по отношению к молодым специалистам, особенно физикам-теоретикам,

со стороны Сахарова было особое внимание. В конце концов получилось так, что молодые специалисты, придя с утра на работу, собирались в кабинете Сахарова и обсуждали различные физические вопросы. Иногда касались и политических вопросов, поскольку все жили интересами страны. Он всегда поддерживал новые идеи и стремление придумать что-то новое и тем самым способствовал дальнейшему развитию. Это стремление у нас, теоретиков, привилось, и нас это двигало вперед. В этом отношении Сахаров был совершенно исключительным человеком и руководителем. Причем он не командовал — он разговаривал, убеждал. Да и убеждать не надо было. Если говорил Сахаров, то это так и есть, и мы в этом были уверены и в дальнейшем убеждались, что он прав.

В написании отчета по РДС-37 принимали участие 13 человек. Остался я один. Из 31 человека — участников этой работы — осталось двое, в том числе и я. У меня появилось продолжение идеи РДС-37, но я решил дождаться испытаний в ноябре 1955 года. И когда испытание прошло успешно, я позвал молодого специалиста Юрия Николаевича Бабаева, который занимался излучением в идее атомного обжигания, рассказал ему о моей идее и предложил ему сделать такой заряд. Мы с Бабаевым стали прорабатывать идею и когда объявили о ней в институте, не встретили поддержки. Поддержал нас Сахаров, и под его руководством мы работали. В феврале 1958 года все это получилось, и мы предложили 5 зарядов различного калибра испытать осенью 1958 года. На нашу сторону встал Сахаров, и мы действовали под его руководством.

Было предложено испытать самый «маленький» заряд. Министерство было против. Я предложил: «Андрей Дмитриевич, поедem к Курчатову! Может быть, он нас поддержит». Мы поехали к Курчатову.

Он спросил: «В чем дело?» Мы рассказали. Курчатов предложил пойти на НТС. Там были противники, но Курчатов принял решение: испытываем! И испытали. Сессия испытаний 1958 года прошла для ВНИИЭФ очень хорошо.

Как началось мое взаимодействие с Сахаровым? Я считал его своим руководителем (к тому времени уже ушел Франк-Каменецкий, который мной руководил до этого), и я с ним очень тесно взаимодействовал.

Наступил 1961 год. К нему мы готовились. В 1960 году состоялась встреча с Хрущевым. Сахаров выступал и внес ряд предложений. Когда мы вернулись, я предложил Сахарову: «Андрей Дмитриевич, давайте сделаем заряд на базе идей 1949 года». Он согласился. Позднее разрабатывалось много других зарядов.

Благодаря Сахарову удалось вовлечь очень большое число теоретиков и разработки в 1961 году пошли здорово.

Мы сегодня празднуем столетие со дня рождения Андрея Дмитриевича Сахарова, а в 1961 году ему исполнилось всего 40 лет. Он был молодой, спокойный, в полном здравии. Нужно было отметить день его рождения, и мы, теоретики, решили это сделать. Наши жены пошли в лес, собрали цветы, а мы закупили то, что нужно для праздника. Приятно вспомнить эти годы.

Вернусь к 1961 году. Велась мощная испытательная сессия. В конце 1961 года Андрей Дмитриевич взял на себя ответственность и внес предложение выдвинуть на присвоение звания Героя Социалистического Труда Юрия Бабаева и меня. У меня сохранилось составленное Сахаровым представление (там излагалась история и то, что мы сделали с Бабаевым). Считаю необычным, что Сахаров был зачинщиком этого.

Мы с Бабаевым, наверное, единственные, которые имеют эти представления от Сахарова. Это говорит о том, как Сахаров относился к молодым специалистам. Ведь мы тогда только-только почувствовали вкус разработок, и потом в 1961 году мы стали с Бабаевым ездить — набирать специалистов-теоретиков. Первая поездка была в 1961 году в Ленинградский университет, и там мы отобрали несколько человек: Ильяева, Холина, Певницкого.

Теоретики довольно часто собирались у Сахарова, обсуждали различные вопросы. В результате очень многие молодые специалисты-теоретики стали выдвигать идеи. Получился сплоченный коллектив теоретиков. Естественно, мы были связаны с испытаниями и очень тесно взаимодействовали с конструкторами (такими, как Фишман, Воронин). Мы нашли общий язык и общие интересы. Эта связка с конструкторами себя оправдала. Они понимали, что мы хотим сделать, а мы понимали, что они могут сделать. С экспериментаторами тоже была связь. Это было очень важно. Сахаров учил нас взаимодействовать

и защищать новые идеи. Он поддерживал наше стремление теоретиков вникать во все особенности создания оружия. Это была «Сахаровская школа» — интересоваться всем. Теоретики — мозг института — должны были следить за тем, что происходит в области создания ядерного оружия.

Но потом он стал отходить от научной работы, и мне это очень не нравилось. Мы фактически теряли его как физика и нашего учителя. Однажды я его встретил и говорю ему: «Вы научной работой, Андрей Дмитриевич, занимаетесь или нет?» Конечно, я смотрел снизу вверх на него, он был наш учитель. Он говорит: «Нет, некогда, у меня времени не хватает». Я не понимал, в чем дело. Однажды я ему сказал: «Андрей Дмитриевич, вы, по-моему, гвозди микроскопом заколачиваете. Так нельзя относиться к этим вещам, вы же научный работник». Он мне ответил: «Юра, я попал в такое колесо, из которого не выскочить». Я говорю ему: «Возвращайтесь к нам на объект, и все будет нормально». Он в ответ: «Нет, больше не могу». Но мы не прерывали с ним связь, всегда, когда встречались в Академии наук, разговаривали, но я ему помочь ничем не мог.

Сахаров и Зельдович хотели уйти из нашего института. Я не понимал, как мы без них будем работать? Я не представлял этого. Всегда был тот, кто поможет, защитит, поймет самое главное. Сахаров говорит: «Мы объединим теоретиков, и вы станете во главе». Я страшно сожалею, что два таких академика ушли от нас. Но жизнь продолжалась.

Благодаря сахаровской закалке молодежь создавала термоядерное оружие. Они влились в эту работу, и работа продолжалась и продолжается сейчас.

Сахаров для нашего института и в первую очередь для тех теоретиков оказался человеком, который создал колоссальную школу, но не просто создал, а воспитал определенным образом физиков-теоретиков, которые работали дальше. Вспомните, в каких условиях мы работали: недавно закончилась война, начались американские всякие оружейные фокусы. Поэтому у теоретиков был девиз: «Мы не хотим повторения 1941 года». Теоретики, кроме того, что выдвигали идеи, формировали физический смысл и расчеты того или иного изделия. И надо это было делать быстро! Сейчас у нас делается все медленно. Тогда все время грозили извне нам, а сейчас разве не грозят? Поэтому нам никоим образом нельзя забывать о ядерном, термоядерном оружии и о новом оружии, чтобы противодействовать новым угрозам.

Я надеюсь, что сахаровская закалка в нас осталась, и мы будем действовать, как Сахаров. Он уже не может нас научить, но давайте учиться у него по тем работам, которые он сделал. Низкий поклон Сахарову за то, что он был, и за то, что воспитал теоретиков и не только теоретиков. Руководство, директора, испытатели тоже знали Сахарова и с большим уважением к нему относились, и он влиял на весь институт. Спасибо, Андрей Дмитриевич, за то, что вы были!

# Вселенная физика Сахарова

*21 мая 2021 года исполнилось 100 лет со дня рождения академика Андрея Дмитриевича Сахарова*



Талантливого советского физика-теоретика чаще всего вспоминают в двух ипостасях — как «отца» водородной бомбы и как правозащитника. Но его научные интересы не исчерпывались созданием термоядерного оружия, а правозащитной деятельностью он начал заниматься во второй половине жизни. В сети Информационных центров по атомной энергии о любом явлении или человеке рассказывают максимально полно, с использованием запоминающихся метафор и историй, близких каждому слушателю. Не стал исключением и Андрей Дмитриевич.

## Разгадка тайн Вселенной

В конце 60-х годов XX века Андрей Сахаров подготовил несколько публикаций, касающихся проблем космологии. Об этом на «Public Talk: Вселенная физика Сахарова» мурманчанам рассказал Егор Задеба, кандидат физико-математических наук, доцент, преподаватель НИЯУ МИФИ, эксперт фестивалей науки «КСТАТИ» сети ИЦАЭ.

«Сахарова волновал один из вопросов фундаментальной физики: почему в нашей Вселенной так много обычного вещества и так мало анти-вещества? Ведь в первый момент после Большого взрыва образовалось одинаковое количество и того, и другого. Исследуя этот вопрос, Андрей



Дмитриевич предсказал необходимость нарушения CP-инвариантности для появления избытка обычной материи», — объяснил Егор Задеба. Принцип CP-инвариантности заключается в следующем. Наш мир симметричен, и существует три основных типа симметрии: симметрия по времени, зарядовая симметрия и пространственная симметрия.

«Если в физической формуле замена единиц времени на отрицательные значения ничего не меняет, значит она симметрична по времени. Это соблюдается практически во всех областях физики, кроме термодинамики, где в ряде случаев процессы необратимы. Зарядовая симметрия, или сопряжение, означает, что процессы для отрицательно заряженных и положительных частиц должны протекать одинаково. Пространственная симметрия указывает на то, что процессы, которые протекают справа налево, при протекании слева направо имеют такую же вероятность», — прокомментировал спикер.

#### **Нарушение симметрии = дисбаланс**

В большинстве взаимодействий частиц сохраняется CP-симметрия — произведение временной и зарядовой симметрии. «Предполагалось, что это работает всегда, но в ряде экспериментов выяснилось, что отрицательных частиц влево летит больше, чем положительных вправо. За это открытие дали Нобелевскую премию. Сахаров был одним из первых, кто предположил, что из-за нарушения CP-симметрии происходит дисбаланс на ранней стадии развития Вселенной. В результате отрицательных частиц антиматерии меньше, чем обычной, и со временем эта разница становилась все более значительной», — рассказал Егор Задеба.

Сахаров добавил еще два условия для дисбаланса материи: неравновесность в ранней Вселенной и нестабильность протона. Отметим, что конкретные механизмы предложенных Сахаровым явлений оказались ошибочны, но их необходимость для объяснения дисбаланса в дальнейшем неоднократно подтверждалась.

### *Who is the mother of Kuzma?*

Формат, который в ИЦАЭ возник в прошлом году, — это подкасты. Ведущие подкаста «Объект А» Егор Банишевский и Светлана Занько рассказывают истории об атомных технологиях, ученых и событиях, благодаря которым атомная промышленность появилась и стала неотъемлемой частью

нашей повседневной жизни. Один из майских выпусков посвящен первой советской атомной бомбе РДС-1 и «Царь-бомбе».

Какой вариант, предложенный Андреем Сахаровым, позволил снизить мощность «Царь-бомбы» почти в два раза, как растеряв-

шийся переводчик перевел знаменитое выражение «кузькина мать», неожиданно для него прозвучавшее в разговоре генерального секретаря СССР Никиты Хрущева и президента США Никсона, можно узнать в 27 выпуске подкаста «Объект А».

В современной физике полное сохранение выполняется лишь для произведения СРТ, то есть зарядовой, пространственной и временной четности одновременно. То есть в антимире нужно не только поменять местами право и лево, но и повернуть время вспять. Андрей Сахаров выдвинул гипотезу, что из-за неравновесности в первые мгновения Большого взрыва симметрия по времени не выполнялась из-за сверхбыстрого расширения, и за счет этого нарушения четности возникает разница между количеством материи и антиматерии.

### Стабилен ли протон?

Третье условие Сахарова касается сохранения барионного заряда. Если изначально в какой-то области пространства нет ни одного бариона (например, протона), то во всех последующих процессах количество барионов и антибарионов должно быть одинаковым, чтобы сумма всегда оставалась нулевой. Для появления дисбаланса необходимо, чтобы протон был нестабилен. На сегодняшний день срок его жизни оценивается как минимум в  $10^{32}$  лет, что на 22 порядка больше времени существования нашей Вселенной. Сахаров предположил, что протон распадается на 3 мюона, но такой процесс был возможен только на раннем этапе развития Вселенной при очень высокой плотности материи. Теперь считается, что распад происходит совсем другим образом, но эта теория нестабильности получила большое распространение в мире. Распада протона никто экспериментально не обнаружил, но, возможно, это дело времени. В частности, гравитационные волны, предсказанные Альбертом Эйнштейном, зарегистрировали спустя почти сто лет.

### У истоков термояда

К области научных интересов Сахарова относилась и физика плазмы. Вместе с физиком Игорем Таммом они занимались первой теорией удержания плазмы в магнитном поле. Еще в 1951 году ученые предложили теоретическую основу термоядерного реактора, в котором плазма удерживается магнитным полем и имеет форму тора.

*Егор Задеба, эксперт сети ИЦАЭ:*

**«Сахаров стоял у истоков современной термоядерной энергетики, ведь проект ИТЭР, в котором участвует и Россия, — это термоядерный реактор с „бубликом“, в котором удерживается плазма»**

## Как приготовить «слодку Сахарова». Рецепт от разработчика

*Внимание! Не повторять в домашних условиях!*

Как известно, свое неформальное название бомба РДС-6С получила по той же причине, что и соответствующая выпечка: ее «начинка» располагалась слоями, и их сочетание обеспечивало необходимый эффект.

Берем ядро из плутония, покрываем его несколькими слоями легких и тяжелых элементов: уран чередуем с дейтеридом лития. Создание такой «слодки» позволит осуществить более эффективное протекание ядерной цепной реакции деления. Импульсивный взрыв обеспечит направленное и равномерное сжатие заряда, находящегося внутри, а высокая температура приведет к ионизации окружающего вещества. Урановая оболочка с плотностью в 12 раз выше обычной взрывчатки более чем в 10 раз повысит концентрацию дейтерия, и скорость термоядерной реакции также повысится. Если все слои размещены в соответствии с расчетами, вы сможете достигнуть «сахаризации». Другими словами, вы сможете ускорить термоядерную реакцию.

Кстати говоря, РДС-6С представляет собой промежуточный вариант между классическим зарядом и водородной бомбой. В ней все-таки применялась энергия слияния ядер, хотя и в незначительном количестве. Если говорить о соотношении, то слияние дало 10–15% энергии, все остальное — результат деления урана. Термоядерный синтез был, по сути, дополнительным инструментом, который обеспечивал более эффективную ядерную цепную реакцию деления.

### Правозащитная деятельность

По мнению Егора Задебы, Сахаров ушел от большой научной работы не из-за недовольства начальства, а оттого, что все силы он решил сконцентрировать на правозащитной деятельности. «Мне кажется, что Сахарова отличал обычный человеческий взгляд на происходящее, он всегда был за все хорошее против всего плохого. В его словах были всегда простые истины: нельзя убивать людей, а с соседями нужно просто дружить. Он даже не пытался понять тонкости государственных и экономических процессов. Андрей Дмитриевич оказался ребенком, всю жизнь страстно увлеченным любимым делом, но которого в своих интересах использовали не лучшие люди. Рассказывают, что он мог прийти на работу в разных носках или даже ботинках — настолько он был далек от концентрации на бытовых вопросах. И с той же детской непосредственностью Сахаров решил, что может сделать этот мир лучше. Жаль, что такой подход не мог увенчаться успехом», — резюмировал спикер.



Полный выпуск «Public Talk: Вселенная физика Сахарова» можно посмотреть здесь



## Выводы будут сделаны

*Что нужно, чтобы превратить вывод из эксплуатации ядерных объектов в прибыльный бизнес*

Управление жизненным циклом объекта использования атомной энергии — от принятия решения о его создании до вывода из эксплуатации — стратегически важно для развития атомной энергетики. Безопасный и эффективный вывод из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов (ВЭ ЯРОО), отработавших нормативный срок, относится к приоритетным и перспективным направлениям деятельности Росатома. В отрасли накоплен значительный опыт реализации проектов по ВЭ ЯРОО и обращению с сопутствующими радиоактивными отходами (РАО), в том числе в рамках решения проблем «ядерного наследия».

### Интеграция опыта

Топливная компания Росатома «ТВЭЛ», располагая рядом подлежащих выводу из эксплуатации объектов на собственных площадках, была изначально активно вовлечена в связанные с этой деятельностью процессы: от участия в формировании нормативной базы в области вывода из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов до непосредственной реализации проектов. Так, в 2010 году ТВЭЛ стал первой организацией в России, реализовавшей проект вывода из эксплуатации ядерной установки «Химико-металлургический завод» в Красноярске до состояния «зеленая лужайка». Всего референтный портфель Топливной компании по ВЭ ЯРОО насчитывает сегодня более 50 реализованных крупных отраслевых проектов на общую сумму, превышающую 15 млрд рублей.



### Наталья Никипелова

Президент АО «ТВЭЛ»:

Вывод из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов становится одним из наиболее перспективных сегментов мирового рынка ядерных технологий. За весь период развития атомной энергетики и промышленности по всему миру было сооружено значительное число объектов, срок эксплуатации которых в ближайшее время подойдет к концу. Суммарный объем мирового рынка по самым скромным оценкам превышает \$100 млрд на горизонте 2030 года. Важно учитывать и то, что уже через 10 лет ожидается существенный рост количества завершивших свой эксплуатационный срок АЭС. А значит, уже сегодня надо максимально подготовить инфраструктуру интегратора для использования этой ситуации. Нужно выстроить эффективное взаимодействие с предприятиями госкорпорации, системно подойти к развитию компетенций — как персонала, так и применяемых технологий и решений, разработке и внедрению перспективных проектов НИОКР. Успешное решение этих задач должно привести к достижению стратегической цели: увеличению портфеля заказов и зарубежной выручки и вхождению в топ-10 игроков на глобальном рынке ВЭ ЯРОО.

Важную роль в расширении присутствия на мировом рынке должна сыграть немецкая инженеринговая компания NUKEM Technologies GmbH, обладающая широким набором компетенций в области проектирования, изготовления и поставки оборудования для решения задач в сфере вывода из эксплуатации, КИРО и управления проектами. Ее роль в работе интегратора не ограничится реализацией крупных международных проектов. Она станет основой для адаптации развитых отраслевых компетенций под требования и стандарты международного рынка и их продвижения.

Говоря о развитии компетенций, стоит учитывать, что имеет смысл предлагать заказчикам не только услуги по выводу объектов из эксплуатации, но и отдельные технологии для такой деятельности. Они также могут стать отдельным рыночным продуктом, и при правильной «упаковке» спрос на них будет расти.

В настоящий момент понятие «ядерное наследие» законодательно не определено. К «ядерному наследию» могут быть отнесены ядерно и радиационно опасные объекты, которые были созданы и эксплуатировались с конца сороковых годов прошлого столетия по 2006 год. К объектам «ядерного наследия» также относятся территории, которые в этот же период были загрязнены радионуклидами. Объекты «ядерного наследия» в настоящее время не эксплуатируются, и дальнейшее их использование по проектному назначению или работа с радиоактивными материалами не предусматривается.

Многолетняя и разноплановая работа по этому направлению позволила ТВЭЛ сформировать развитую инфраструктуру, подготовить высококвалифицированный персонал и наработать управленческие и технологические компетенции, необходимые для решения задач по ВЭ ЯРОО любой сложности. Признанием этих результатов стало назначение АО «ТВЭЛ» в 2019 году интегратором по новому направлению бизнеса «Вывод из эксплуатации ЯРОО и обращению с сопутствующими РАО» (далее — интегратор).

Масштаб предстоящей работы — трансфер накопленного российского опыта на международный рынок — потребует от АО «ТВЭЛ» достаточно много усилий. О том, что отделяет команду интегратора и, собственно, единую команду Росатома от занятия лидирующих позиций на мировом рынке услуг по выводу из эксплуатации, «Вестнику атомпрома» рассказали ведущие эксперты направления.

### Импровизация и инвентаризация

«Вывод из эксплуатации, в отличие от нового, и особенно серийного, строительства, — это всегда в значительной мере импровизация», — говорит Дмитрий Соловьев, руководитель направления группы управления проектами. Любой ядерно и радиационно опасный объект по-своему уникален, что не позволяет подходить к реализации проекта шаблонно. Причем нюансы возникают не только на уровне технологий и технических решений, но и в административно-разрешительных аспектах.

Вывод, то есть снятие объекта с надзора, может быть полным или частичным. Зачастую выводить из эксплуатации весь объект целиком с возвратом занимаемой им территории в гражданский оборот нецелесообразно, в таких случаях речь идет о выводе и частичной реабилитации территорий. Как правило, работы по выводу в отрасли проводятся с финишной реабилитацией, но без рекультивации. Для неспециалиста эта терминологическая разница несущественна, хотя фактически она означает принципиально различный объем задач; рекультивация — наиболее сложный, законодательно регламентированный вид работ, требующий большего времени и средств.

Особую сложность представляют работы по выводу из эксплуатации объектов, созданных в годы становления отрасли, — сейчас, по завершении сроков их эксплуатации, наступило время ликвидации именно этих объектов. На заре атомного проекта, а также в период накопления стратегически важной продукции применялись ускоренные подходы к проектированию, строительству, развертыванию производственных мощностей, вопросы же их последующего вывода из

эксплуатации оставались на периферии. Проектная документация, если она сохранилась, может значительно отличаться от фактической конфигурации эксплуатируемых объектов: что-то достраивалось, расширялось, менялось технологическое оборудование и инженерное обеспечение. Одни объекты перепрофилировались, другие останавливались и запускались вновь. Поскольку не все эти действия были регламентированы, теперь каждый раз необходима детальная «инвентаризация» объекта.

### Под жестким контролем

Сложнейшим параметром, который необходимо учитывать при выполнении работ по ВЭ ЯРОО, является ограничение по радиационному фактору. В России действуют одни из самых жестких в мире норм по защите персонала и населения от радиации. Соответственно, при проведении обследований и выполнении демонтажных работ необходимо ориентироваться (в идеальном будущем) на «безлюдные» технологии с применением дистанционно управляемых средств или (в практическом настоящем) на решения с минимальным вовлечением персонала. Привлекаемые к работам на объектах инженеры и рабочие должны быть полностью подготовлены по вопросам радиационной и химической безопасности,

### На фото

Вывод из эксплуатации установки переработки высокообогащенного урана (СХК)



Комиссия по экономическим вопросам при Экономическом совете СНГ одобрила проект решения о признании АО «ТВЭЛ» базовой организацией государств — участников Содружества Независимых Государств по вопросам обращения с отработавшим ядерным топливом, радиоактивными отходами и вывода из эксплуатации ядерных и радиационно опасных объектов (ВЭ ЯРОО). Финальное решение вынесено на рассмотрение Экономического совета СНГ, заседание которого запланировано на июнь 2021 года.

а также безопасности самих демонтажных работ. Постоянные экзамены, инструктажи, повышение квалификации — рутинная практика любого проекта по ВЭ ЯРОО.

Все этапы вывода из эксплуатации осуществляются под постоянным контролем как сотрудников отрасли — подразделений ядерной и радиационной безопасности, так и под внешним контролем — со стороны Ростехнадзора и Федерального медико-биологического агентства.

### Сложности «по факту»

В АО «ТВЭЛ» контроль за работами на объектах ядерного наследия осуществляется департаментом ядерной, радиационной, промышленной безопасности и экологии. Директор департамента Вячеслав Козлов подчеркивает важность предпроектной стадии (разработка программы вывода и комплексное обследование объектов) для формирования корректной проектной и сметной документации и последующих работ по выводу. На основании результатов комплексного инженерно-радиационного обследования (КИРО) определяются актуальные инженерные характеристики объекта: особенности конструкций и радиационное состояние. По результатам КИРО иногда может меняться первоначальная концепция конечного состояния объекта после ВЭ: от «зеленой лужайки» (полной рекультивации объекта и территории) до «коричневой площадки», а в отдельных сложных случаях перепрофилирование объекта в пункт хранения особых РАО: к сожалению, как бы ни хотелось не оставлять за собой следов, извлекаемые отходы в любом случае должны быть куда-то безопасно перемещены.

Выводимые из эксплуатации объекты достаточно разнообразны. Даже в, казалось бы, простых случаях, когда предстоит ВЭ зданий или сооружений с сохранившейся проектной документацией, важна ее тщательная верификация. С помощью технологий лазерного сканирования, сферического фотографирования, фотограмметрии необходимо убедиться в соответствии реального состояния объекта документам. Большую сложность представляют скрытые коммуникации, например подземные трубопроводы технологической среды. Корректно оценить состояние и радиационное загрязнение таких объектов невозможно ни путем измерений, ни в достоверных предположениях, поэтому многие аспекты вывода таких объектов из эксплуатации выявляются лишь после начала работ — «по факту».

**Как изменить сложившийся подход в технологическом и организационном аспектах и трансформировать направление ВЭ ЯРОО в бизнес? Для этого мало в приемлемые сроки и за разумные деньги научиться разбираться с советским наследием — необходимо определить и реализовать конкурентные преимущества для работы на международном рынке. Итак, каковы же ключевые факторы в этом процессе?**



**1. Компетенции.** Рынок ВЭ ЯРОО характеризуется отсутствием выверенных, подтвержденных десятилетиями эффективной работы решений. Это живой рынок, с постоянно появляющимися и конкурирующими между собой технологиями. Учитывая, с одной стороны, многолетнюю работу отраслевых предприятий по решению проблем наследия, а с другой стороны, относительную автономность их усилий, шанс и задача интегратора заключаются в: а) выявлении лучших практик; б) доведении их до конкурентоспособных продуктов, в том числе через инвестиционные проекты по совершенствованию технологий; в) выстраивании отраслевых кооперационных цепочек, поскольку конкурентоспособные решения для ВЭ ЯРОО, как правило, комплексные и требуют целого ряда часто не связанных между собой компетенций.

В рамках работы по развитию отраслевых компетенций интегратор одновременно движется в нескольких направлениях. На базе предприятий Топливной компании — АО «АЭХК», АО «СХК», АО «ЦПТИ» и АО «ВНИИНМ» — созданы центры компетенций и реализуются программы развития: решается перечень практических задач по подготовке и проведению работ по ВЭ, реабилитации территории и обращению с сопутствующими РАО, по разработке и внедрению технологий, повышению квалификации персонала. Тот факт, что на производственных предприятиях (АО «АЭХК», АО «СХК») выполнялись работы в широком диапазоне ядерно-топливного цикла и где, соответственно, сложились целые профессиональные школы и полное понимание всех аспектов безопасности, является важным конкурентным отличием интегратора от многих предприятий бэкэнда. Далее, интегратор ведет двустороннюю работу с более чем двумя десятками отраслевых предприятий

с целью выявления и доведения технологической и коммерческой зрелости их продуктов по ВЭ ЯРОО и обращению с РАО до требований международного рынка. Кроме того, интегратором создана отраслевая площадка — Совместный координационный комитет по ВЭ ЯРОО, основной целью которого является обсуждение технологий и технических решений в области ВЭ ЯРОО.



**2. Референции.** Необходимым условием для победы в зарубежном тендере является референтный опыт и апробированные решения. Специфика бизнеса не допускает «бумажных» продуктов особенно в международных тендерах: риски заказчиков, связанные с радиационным фактором, не позволяют им квалифицировать компании без соответствующего доказанного опыта для выполнения операций по переводу объекта в радиационно безопасное состояние. Именно поэтому более половины выручки крупнейших игроков приходится на «домашние» рынки, где локальным компаниям оказываются значительные преференции. И именно поэтому российские проекты могут и должны стать для интегратора плацдармом для выхода на глобальный рынок.

С учетом этого интегратор даже при наличии в контуре управления немецкой инженеринговой компании NUKEM Technologies Engineering Services GmbH, обладающей именем и референциями на международном рынке ВЭ ЯРОО, иницирует совместно с различными дивизионами госкорпорации, в частности с Концерном «Росэнергоатом», проекты по выводу из эксплуатации, которые позволят получить новые референции для усиления позиций на рынке.



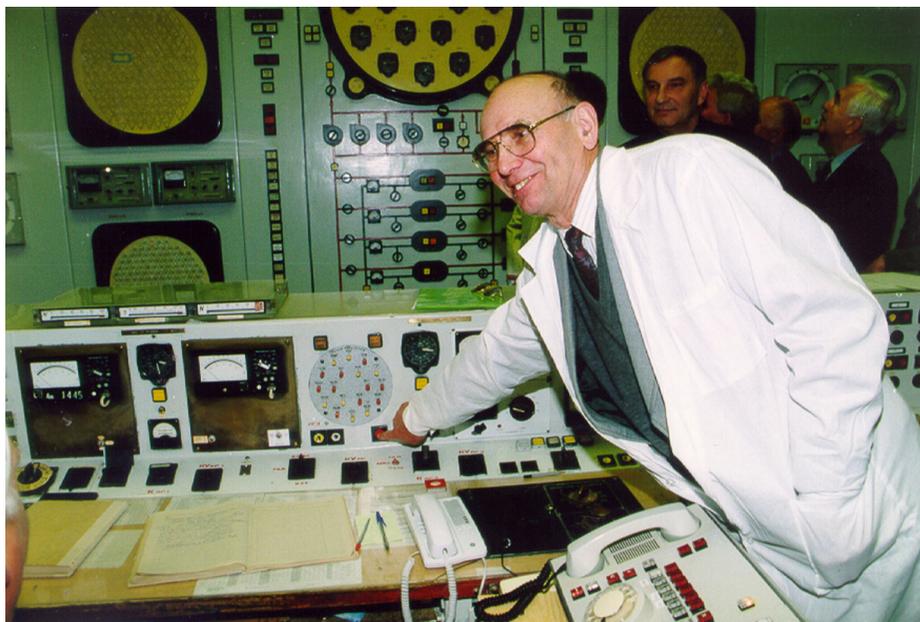
**3. Технологическое лидерство.** Проблема ядерного наследия и обращения с РАО носит глобальный характер. Поэтому большинство ведущих игроков на этом рынке не только инвестируют значительные средства в собственные научные

разработки в этой области, но и, невзирая на конкуренцию, объединяют усилия на базе ведущих мировых университетов. По мнению Дмитрия Семенова, руководителя группы научно-технической деятельности в интеграторе, с учетом меняющихся подходов к ВЭ ЯРОО и обращению с РАО, а также признанного во всем мире авторитета отечественной отраслевой науки ключевая задача интегратора для выхода на зарубежные рынки — объединение научного и технологического потенциала предприятий госкорпорации «Росатом». Форматы такого объединения, которые могут мотивировать предприятия, владельцев и разработчиков технологий, разнообразны. Это и выкуп результатов интеллектуальной деятельности или приобретение готового решения, например, в рамках инвестиционных проектов Топливной компании. Или продвижение интегратором продуктов с оплатой роялти. Или специфические условия при выходе на тендеры в формате консорциумов. Все эти коммерческие формы взаимодействия применимы при реализации проектов как внутри, так и вне отрасли.

Помимо научно-исследовательских работ, проводимых входящим в Топливную компанию институтом имени А. А. Бочвара, интегратор выступает заказчиком научно-исследовательских работ для ряда организаций дивизиона «Наука и Инновации» (АО «ГНЦ РФ — ТРИНИТИ», АО «ГНЦ РФ — ФЭИ», АО «Радиевый институт им. В. Г. Хлопина»), в том числе в рамках Единого отраслевого тематического плана (ЕОТП). Среди ключевых направлений НИОКР интегратора: технологии демонтажа сооружений и оборудования, технологии дезактивации и переработки РАО, робототехника, цифровые и информационные системы.



**4. Знания.** АО «ТВЭЛ» запущены магистерские образовательные программы подготовки специалистов по направлению вывода из эксплуатации на базе ведущих вузов страны: административно-управленческого персонала на базе МГУ им. М. В. Ломоносова, инженерного и производственного персонала на базе НИЯУ МИФИ. В ближайших планах интегратора также создание и ввод в опытную эксплуатацию цифровой платформы критически важных знаний для целей ВЭ ЯРОО.



На фото

Остановка реактора Обнинской АЭС

Одним из осложняющих работу факторов не только в России, но и за рубежом является то, что законодательство в этой области окончательно не сформировано. Так, до сих пор не определено само понятие «ядерного наследия». Предпринимаемые Росатомом на протяжении ряда лет усилия по законодательному оформлению этой сферы деятельности в силу объективных сложностей пока не привели к окончательному результату.

Все эти и многие другие особенности обуславливают тот факт, что деятельность по ВЭ ЯРОО пока не сложилась как бизнес с прогнозируемыми доходами и маржинальностью. В настоящее время бэкэнд является вспомогательным процессом, нацеленным на решение экологических задач при ликвидации наследия и снятие обременений с предприятий отрасли, поскольку содержание остановленных, но не выведенных из эксплуатации объектов требует определенных затрат (охрана, мониторинг, инженерное обеспечение и содержание), снижающих рентабельность основного бизнеса.

#### Включить бизнес-логику

Успешная реализация изложенных выше направлений развития должна привести к созданию конкурентоспособного продукта по ВЭ ЯРОО и как минимум более эффективному решению государственных и производственных задач. Однако ключевая задача, по мнению Андрея Семенова, руководителя группы развития бизнесов, — это обеспечить коммерциализацию этого продукта.

Можно ли утверждать, что просто успешный опыт решения производственных задач приведет к созданию бизнеса, который обеспечит масштабный выход отраслевых компаний на зарубежные рынки ВЭ ЯРОО? Очевидно, что требованиям рынка должны соответствовать не только технологии и технические решения, но и коммерческие и управленческие

компетенции, индикаторами которых являются маржинальность, денежный поток от реализации проектов, риск-менеджмент и другие составляющие, лежащие в основе любого бизнеса. Это формирует и соответствующие требования к персоналу, основными из которых являются бизнес-ориентированность и клиентоориентированность.

На первом этапе становления бизнеса разумно делать акцент на формировании именно управленческих компетенций. Важно быстро развить ключевые направления: эффективную предтендерную работу и контрактацию, проектный менеджмент и управление стоимостью проектов (ценообразование). Решение этих задач не требует значительных инвестиций, однако может, с одной стороны, создать рыночные

---

**Во время реализации первой Федеральной целевой программы «Ядерная и радиационная безопасность» с 2008 по 2015 год предприятия Топливной компании Росатома «ТВЭЛ» выполнили 37 проектов на семи площадках: 57 объектов были выведены из эксплуатации, еще 13 — подготовлены к дальнейшему выводу**

---

преимущества даже в отсутствие полной линейки продуктов и, с другой стороны, дать правильные рыночные сигналы для развития производственных компетенций (продукты, технологии, технические решения).

Как выйти на создание единой, сильной организации, способной полномасштабно выступить игроком на внешнем рынке? В идеальном варианте это должен быть ЕРС-подрядчик, способный выполнять весь спектр работ на условиях под ключ. Однако ключевой аспект заключается в том, чтобы в той конструкции, которая будет создаваться или переформатироваться, была реализована не только и не столько технологическая, но именно бизнес-логика. Не обязательно владеть всеми аспектами технологий вывода, важнее быть «квалифицированной» компанией — экспертно разбираться в этих технологиях и грамотно взаимодействовать с владельцами продуктов.

Для выхода на зарубежный рынок необходимо отработать финансово устойчивую модель проектов по ВЭ ЯРОО в России. Для этого необходимо сместить фокус интегратора с решения пусть важных, но производственных задач, часто генерирующих убытки для исполнителя, и научиться монетизировать технологические компетенции, что обеспечивается только наличием управленческих подрядных компетенций высокого класса.

### «Цифра» сформирует рынок

Для создания конкурентоспособного бизнеса важно не только эффективно выполнять заказы клиентов, но и пытаться формировать рынок. Поэтому

После демонтажа и фрагментации сооружений и оборудования наступает важный этап — категорирование отходов. Характеризация и сортировка отходов осуществляются с учетом их радионуклидного состава: часть материалов может быть использована без ограничений как вторичное сырье; часть подлежит дезактивации и, как следствие, приводит к понижению класса РАО или переводу в категорию нерадиоактивных отходов; какие-то материалы должны быть отсортированы, паспортизированы и направлены на захоронение как РАО определенной категории. Очевидно, что в интересах заказчика — отрасли и страны в целом — максимальное сокращение количества РАО. Поэтому одним из важнейших направлений развития технологий в области ВЭ и обращения с РАО является обеспечение максимально точного разделения высоко-, средне- и низкоактивных (а тем более нерадиоактивных) отходов, а также их глубокой переработки.

интегратор, наряду с традиционным оказанием услуг подрядного характера, приступил к реализации спецпроектов, основная задача которых оказывать влияние в целом на функционирование отраслевого рынка. Одним из примеров таких спецпроектов является разработка продуктов цифрового проектирования ВЭ, в том числе создание цифровых «двойников», планируемых к выводу ЯРОО еще на стадии их эксплуатации, разработка программно-аппаратного комплекса для проведения КИРО и цифрового проектирования.

Несмотря на то, что цифровизация, как показывает предварительная оценка проектов по ВЭ на АО «СХК», приводит к удорожанию предпроектных работ примерно в 1,3–1,5 раза, детальная проработка проекта с применением цифровых инструментов позволяет до 20% снизить стоимость выполнения физических работ. А поскольку физические работы составляют более 90% общей стоимости проекта, экономическая выгода от внедрения цифрового инструментария как отраслевого стандарта очевидна. Не менее важным



### На фото

Блочный щит управления реактора АДЭ-4 (СХК), остановленного в 2008 году

**В 2019 году Топливная компания Росатома «ТВЭЛ» была назначена отраслевым интегратором по развитию важного и перспективного направления деятельности — вывода из эксплуатации ядерных объектов. На предприятиях топливного дивизиона создано четыре Центра компетенций по данному направлению в АО «СХК», АО «АЭХК», АО «ВНИИНМ» и АО «ЦПТИ». В 2020 году дополнительно законтрактованы работы на сумму около 3 млрд рублей в рамках проектов по выводу из эксплуатации ядерных объектов**

аргументом в пользу цифровизации работ по ВЭ ЯРОО является повышение безопасности и точности планирования работ, в том числе в части более точной локализации и оценки объемов РАО. Существующая практика оценки стоимости и приемки работ по проекту основана на предполагаемых, неопределенных объемах РАО, которые должны быть паспортизированы и сданы на хранение или переработку. В результате несоответствие фактических объемов РАО заложенным в смету приводит к ценовым коллизиям при приемке работ. Поэтому, наряду со снижением этих рисков за счет применения цифрового КИРО и проектирования, необходимо уходить от приемки работ по КС и внедрять принятую за рубежом практику разбиения проекта на этапы с соответствующей приемкой и оплатой.

Характерной особенностью этого и других спецпроектов является их комплексность как в части разноплановости решаемых в их рамках задач, так и в части вовлечения в их реализацию многих отраслевых и неотраслевых организаций. При реализации спецпроектов интегратор видит себя в роли драйвера и модератора, увязывающего иногда противоречивые цели участников.

**Объединяя усилия**

Такая объединяющая роль интегратора важна не только при реализации спецпроектов, но и в целом для развития бизнеса по ВЭ ЯРОО. Практика, в том числе отраслевая, показывает, что приказы и поручения — не самый эффективный способ организации деятельности, предполагающей слаженную работу многих предприятий. Что действительно работает — это когда каждый из участников извлекает практическую пользу своего участия в проекте.

Руководитель интегратора Вадим Сухих уверен, что, учитывая масштаб деятельности по направлению ВЭ ЯРОО, только последовательная стратегия win-win в отношении отраслевых партнеров может привести к созданию бизнеса, отвечающего уровню госкорпорации «Росатом». Интернациональная команда интегратора, формирование которой еще не закончено, при взаимодействии с предприятиями отрасли стремится руководствоваться именно этими принципами.

Так, выступая с 2021 года не только продуктовым, но и юридическим заказчиком проектов НИОКР для отраслевых организаций, интегратор при формировании технического задания НИОКР уделяет особое внимание перспективам коммерциализации результатов, что должно приводить к коммерческой выгоде как заказчика, так и исполнителя работ. Коллегиальное обсуждение тематик НИОКР нацелено на исключение дублирующих разработок и выявление наиболее актуальных. Ключевым аспектом работы

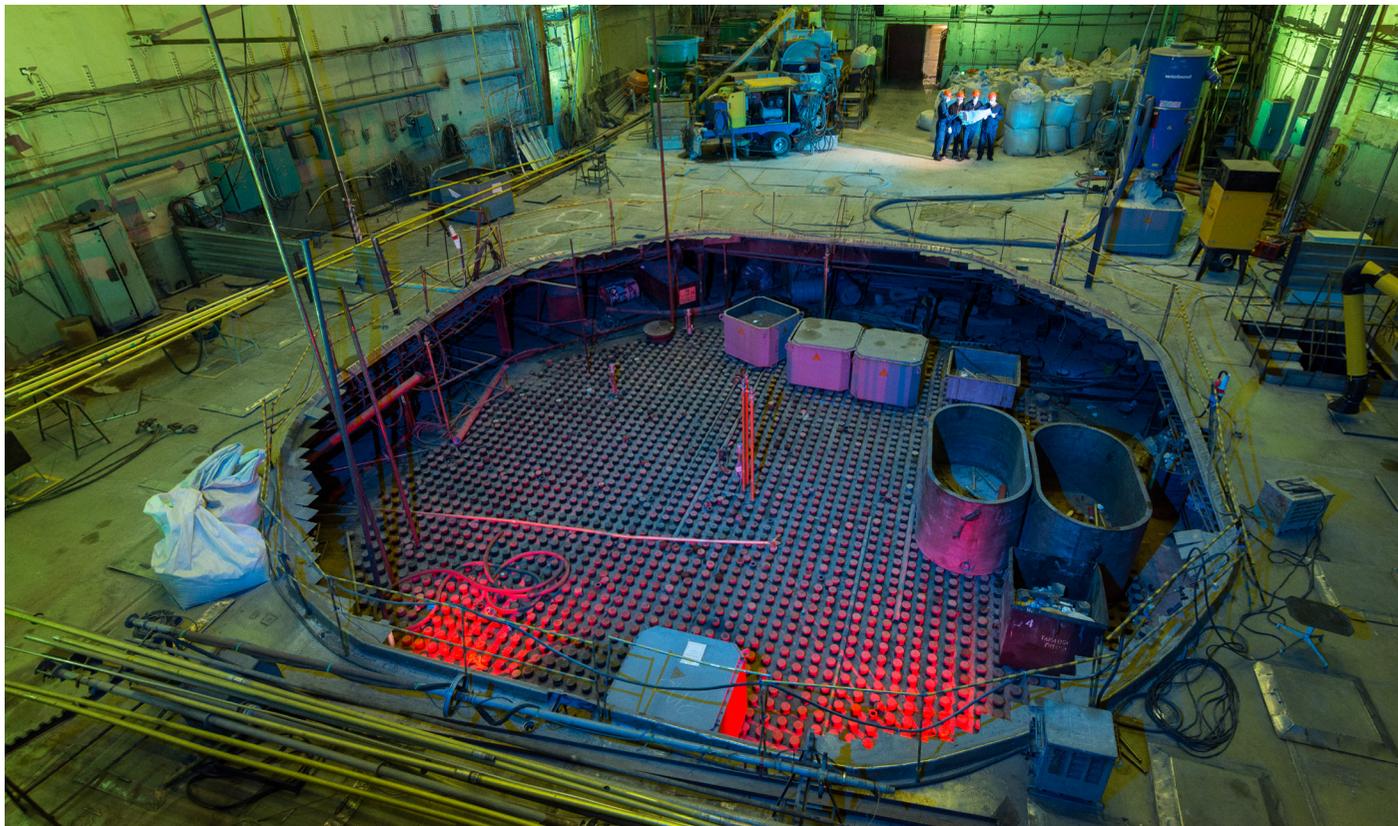
**На фото**

Вывод из эксплуатации здания 804 (АЭХК)



## На фото

Вывод из эксплуатации  
реактора АД (ГХК)



по анализу существующих отраслевых технологий и технических решений в области ВЭ ЯРОО и обращения с РАО является выработка совместно с владельцами механизмов и условий коммерциализации их продуктов при выводе на международный рынок. Именно такой подход позволит сформировать из существующей мозаики продуктов и разработок комплексное предложение по выводу из эксплуатации.

Аналогичной стратегии интегратор намерен придерживаться при тендерной и контрактной работе. Большинство отраслевых и зарубежных лотов являются комплексными по составу работ: частичное выполнение работ и отдельные технологические передель или не востребованы, или существенно снижают конкурентоспособность заявки. Интегратор не ставит себе цель выполнять все работы собственными силами и развивать все необходимые для реализации проектов компетенции. Задача интегратора, выступая в роли генерального подрядчика по контракту или в соответствии с распространенной за рубежом практикой реализуя контракт в формате консорциума, привлечь наиболее соответствующих специфике конкретного проекта партнеров на взаимовыгодных условиях. И если для победы в тендере целесообразно сделать лидером проекта компанию, не входящую в контур управления Топливной компании, интегратор будет формировать тендерную заявку исходя из приоритета победы в тендере. Несмотря на то, что такой подход может не всегда отвечать интересам интегратора в части выполнения установленных ему

бизнес-показателей (при существующей системе их учета), для решения стратегических отраслевых задач он наиболее приемлем. Таким образом, главная ценность интегратора как для предприятий, так и для отрасли в целом в том, что шансы получить контракты совместно гораздо выше, чем при активности отдельных предприятий.

Главное, что следует учитывать при выходе на зарубежные рынки, — это необходимость продемонстрировать реальные референции, опыт, выведенные из эксплуатации объекты. Поэтому важно научиться качественно, образцово-показательно реализовывать российские проекты по выводу из эксплуатации с той степенью кооперации и партнерских отношений, которая позволит обоснованно претендовать на бэкэнд-проекты на зарубежных площадках.



## На фото

ЭИ-2 (СХК) стал первым в мире промышленным уранграфитовым реактором, выведенным из эксплуатации по варианту «захоронение на месте». Расчетный период безопасности для окружающей среды — 10000 лет.

# «ИТЭР — платформа для создания самых передовых технологий на планете»

*Анатолий Красильников рассказывает о влиянии международного проекта по созданию термоядерного реактора на развитие высокотехнологичных производств и исследований*

**Какие системы для международного термоядерного реактора Россия готовится отправить в Кадараш в ближайшее время? Как обстоят дела на стройплощадке ИТЭР? Как участие в международном термоядерном проекте поможет реализации проекта национального? На вопросы «Вестника атомпрома» отвечает Анатолий Красильников — директор российского Агентства ИТЭР.**

— Начнем со свежих новостей: в марте российская катушка полоидального поля PF1 для международного термоядерного реактора ИТЭР прошла решающую стадию производства. Почему это так важно для проекта?

— Успешное завершение вакуумно-нагнетательной пропитки обмотки катушки для получения электрической изоляции с высокой диэлектрической и механической прочностью — это действительно решающая стадия в процессе изготовления PF1. Как создается этот объект? Сначала наматывают из сверхпроводника 8 галет, потом каждая галета пропитывается изолятором, затем все галеты монтируются вместе в катушку, и в вакуумной камере она заливается изолирующей пропиткой, которая быстро затвердевает. Последняя операция — необратимая, если выполнить ее некачественно, придется весь цикл начинать сначала. На последней стадии наши китайские коллеги, которые делали катушку PF6, допустили ошибки и потом в течение года переделывали катушку. У нас, по предварительным данным измерений, все получилось с первого раза. Но полностью убедиться в этом помогут только высоковольтные испытания и еще ряд тестов, их мы сейчас и проводим. Отправка катушки на площадку сооружения ИТЭР запланирована на начало следующего года.

Катушка PF1 — это самый большой сверхпроводящий объект, когда-либо изготавливаемый на территории России. Ее диаметр 9 метров. Сверхпроводниковая промышленность у нас в стране вообще возникла благодаря ИТЭР: на Чепецком механическом заводе

в Глазове АО «ТВЭЛ» создало производство ниобий-титановых и ниобий-3-оловянных низкотемпературных сверхпроводников. Более 300 тонн этих уникальных материалов было изготовлено и поставлено в Международную организацию ИТЭР. Логичное развитие новой отрасли: надо из этих сверхпроводников научиться делать объекты, например сверхпроводящие катушки. Переход к завершающей стадии производства PF1 — пример того, как ИТЭР опять помог создать новую наукоемкую промышленную технологию. В будущем она может использоваться, например, для производства отечественных томографов.

---

**«Ученые и инженеры ИТЭР не просто работают на высочайшем мировом уровне — они этот уровень задают. Проект закончится, а мировая термоядерная промышленность останется»**

---

— Специальный представитель Росатома по международным и научно-техническим проектам Вячеслав Першуков в одном из интервью недавно сказал, что катушка полоидального поля — это первый элемент класса хай-тек, изготовленный в России для ИТЭР. Вы согласны с ним? Какие еще элементы класса хай-тек делают у нас?

— Я не совсем согласен. Мне кажется, абсолютно все, что делается для международного термоядерного реактора, — это супер-хай-тек. Возьмем сверхпроводящие стренды для ИТЭР. Это не простые сверхпроводящие провода, а сложнейшее изделие: требуется пройти десятки технологических стадий в процессе его изготовления. И сверхпроводники с такими характеристиками, которые потребовались для ИТЭР,

никто в мире еще не делал. А гиротроны? Не было на земле до проекта ИТЭР гиротронов с длительностью импульса 1000 секунд при мощности 1 МВт, с коэффициентом полезного действия 53%. А коммутирующая аппаратура? Коммутатор — это, по сути, переключатель: течет по проводнику ток, и вам надо в какой-то момент очень быстро его остановить или изменить параметры, скажем, в два раза увеличить его амплитуду. Для ИТЭР нужен такой коммутатор, который будет переключать токи в десятки килоампер!

— Еще одна недавняя новость от Российского агентства ИТЭР — в НИИЭФА успешно завершились коммутационные испытания оборудования для системы безопасности международного термоядерного реактора. Прокомментируйте и ее, пожалуйста.

— В июле прошлого года официально стартовала сборка центральной части токамака. На сегодняшний день уже собрана нижняя часть криостата, полонидальная катушка RF6 — самая нижняя — встала на свое место. Для того, чтобы вот эта центральная часть реактора и, в частности, ее электромагнитная система потом заработали, к ним надо подвести электричество. Шинопроводы для системы, которые будут питать электричеством токамак, делает Российская Федерация. В процессе монтажа деталей ИТЭР сразу устанавливаются и эти шинопроводы. Эта работа ведется постоянно и практически с колес: раз в два-три месяца мы отправляем караван из восьми-десяти машин, которые везут шинопроводы, подставки под них, резисторы и другую коммутирующую аппаратуру. Даже пандемия COVID-19 не нарушила этот график. Чтобы попасть из Санкт-Петербурга на юг Франции, караван должен пересечь пять международных границ, все они были закрыты. Договориться со всеми странами о том, чтобы его пропустили, — это была целая спецоперация. Но все получилось, и это очень хорошая иллюстрация того, какой уникальный дух товарищества царит внутри проекта ИТЭР. Испытания коммутирующей аппаратуры, подобные тем, о которых вы упомянули, у нас проходят регулярно. Как раз сейчас, после успешных тестов, формируется караван из девяти машин, который в ближайшее время пойдет во Францию.

— Будут ли еще важные события в области изготовления оборудования для ИТЭР в России в этом году?

— Институт прикладной физики РАН совместно с предприятием «Гиком» изготавливает гиротроны, которые зажгут первую плазму на ИТЭР. Всего в РФ должно быть сделано девять таких систем, производим по одной в год. Очередной гиротрон в этом году надо изготовить, а по предыдущему — закончить испытания. Россия делает верхние патрубки для вакуумной камеры международного термоядерного реактора. Разработал их НИИЭФА им. Ефремова, а производство идет на заводе MAN Energy Solutions в Германии. В этом году надо сделать пять патрубков, при этом на заводе — ограничения из-за COVID-19. Но

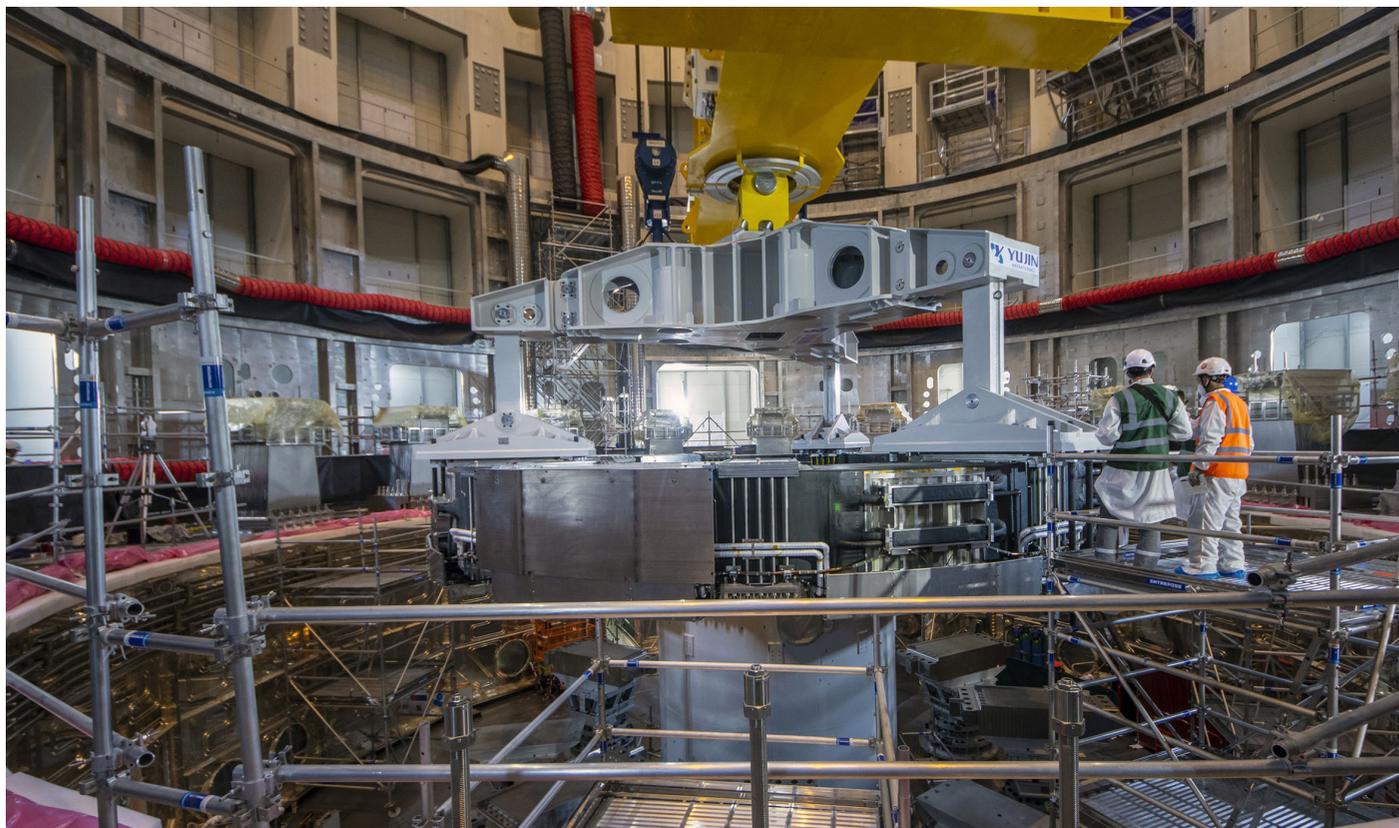


будем делать все, чтобы свои обязательства вовремя выполнить. Продолжатся поставки коммутирующей аппаратуры. Россия отвечает за ряд диагностических систем. Они понадобятся при пуске реактора, но первые поставки планируем уже на 2021–2022 годы.

— Как в целом пандемия COVID-19 повлияла на график реализации проекта ИТЭР?

— Сейчас я не могу точно ответить на этот вопрос — он будет рассматриваться на Совете ИТЭР летом. Пандемия повлияла на график сооружения ИТЭР, но масштабы этого влияния еще предстоит оценить. Все мы — и Международная организация ИТЭР, и национальные команды стран-участниц проекта — предпринимали меры, чтобы это влияние было минимальным, но полностью исключить его было совершенно невозможно. Ведь из-за коронавируса была полностью остановлена промышленность во многих

Установка полоидальной катушки PF6 в центральной части токамака



странах, например в Италии и Южной Корее... К сожалению, пандемия и сейчас еще не закончилась, в ряде государств ограничения сохраняются. Что касается ситуации на стройплощадке, то в пик пандемии, весной–летом прошлого года, раза в два упало количество строителей на объектах. Сейчас оно полностью восстановлено, люди работают в форсированном режиме.

**— Взаимодействие менеджеров проекта из разных стран в новой реальности удалось наладить?**

— Методы дистанционной реализации проекта у нас в ИТЭР очень эффективны. Дело в том, что многие из них мы применяли еще до пандемии, ведь участники проекта рассредоточены по 35 странам. У нас есть Execution project board — исполнительный комитет проекта, в который входит генеральный директор Международной организации ИТЭР, его заместитель, руководители доменов (это крупные сектора в структуре Международной организации), а также семь директоров домашних агентств. Этот коллектив раз в две недели собирается, в последний год — по видеосвязи. Мы все уже так давно друг друга знаем, что понимаем с полуслова. И я заметил, что на данном этапе онлайн-формат, может быть, в чем-то даже эффективнее, чем личные встречи. Не надо тратить время на перелеты и после них восстанавливать силы, нет джетлага. Современные цифровые технологии коммуникации позволяют не только моментально выйти на связь с любым коллегой из любой страны — мы уже наладили приемку оборудования по интернету. Человек с камерой и ноутбуком показывает детали

и производство, ему задают вопросы, получают ответы, оформляются протоколы.

**— Как опыт, полученный в ИТЭР, поможет России в реализации национальной термоядерной программы, которая началась в этом году в рамках комплексной программы РТТН?**

— Проект международного термоядерного реактора — это платформа для создания самых передовых технологий на планете. Ученые и инженеры ИТЭР не просто работают на высочайшем мировом уровне — они этот уровень задают. Проект закончится, а мировая термоядерная промышленность останется и сможет повторить изготовление тех компонентов, которые потребуются для следующего термоядерного реактора. Останутся люди, которые эти технологии разработали и смогут их модернизировать, если потребуются. Останутся научные школы, которые смогут подготовить новых специалистов. Только в России благодаря проекту ИТЭР мы поддерживаем работу целого ряда термоядерных кафедр в важнейших университетах страны: МФТИ, МИФИ, Санкт-Петербургском политехническом университете, Новосибирском государственном университете и других.

Сейчас мы с коллегами, которые были вовлечены в проект ИТЭР, разработали концепцию токамака с реакторными технологиями (TRT). Это следующий шаг в развитии технологии управляемого термоядерного синтеза. И мы можем использовать все ноу-хау, созданные в рамках ИТЭР: благодаря участию в проекте Россия получила право на безвозмездную лицензию на их

использование во внутренней программе по УТС. Но будем создавать и новые технологии, которых в ИТЭР нет. Например, в международном термоядерном реакторе используются низкотемпературные сверхпроводники. Но в последнее время бурно развивалась высокотемпературная сверхпроводимость, и в TRT мы планируем применять уже этот тип материалов.

## «При разработке токамака с реакторными технологиями мы можем использовать все ноу-хау, созданные в рамках ИТЭР: благодаря участию в проекте Россия получила право на безвозмездную лицензию на их использование во внутренней программе по УТС»

Рассчитываем сделать жидкометаллическую литиевую первую стенку в токамаке — в ИТЭР на это не пошли, потому что на момент начала стройки не было такой глубокой экспериментально-технологической проработки, а сейчас уже есть. ИТЭР будет непрерывно работать всего тысячу секунд, а нам надо, чтобы будущий реактор работал часы, сутки. И для этого нужна стационарная генерация тока в плазме реактора. Тут тоже есть технологические новинки, и мы их постараемся интегрировать в новый проект.

— На старте проекта ИТЭР планировалось наращивать число молодых российских специалистов в Международной организации, это удается?

— Это очень непростая задача, потому что до сих пор нет собственной крупной термоядерной установки в России. Когда нет экспериментальной базы, молодежи трудно расти профессионально, поэтому нашим специалистам нелегко выигрывать конкурсы на замещение вакансий в Международной организации ИТЭР. А конкурс там — в среднем по 30 человек на место. И в основном солиднее выглядят европейцы, которые работают на установках типа JET (Joint European Torus — Объединенный европейский токамак. — Прим. ред.), имеют опыт публикации собственных исследований. Кроме того, английский язык для них рутинный, они много и часто общаются на нем в повседневной жизни. В европейских вузах семинары и лекции зачастую идут на английском языке. У наших специалистов не часто есть возможность получить такой богатый опыт общения на английском. Даже если они хорошо знают язык, попадая в международный коллектив, они сталкиваются с психологическим барьером, комплексуют. Что мы делаем, чтобы помочь им преодолеть недостаток опыта и языковой барьер? Мы студентов

старших курсов отправляем в Международную организацию ИТЭР на преддипломную практику — на полгода. Так можно убить как минимум двух зайцев сразу. Во-первых, молодой человек переводит язык из состояния иностранного в состояние языка ежедневного пользования. Во-вторых, за эти полгода он показывает, состоятелен он как специалист или нет. И в результате, когда этот человек через некоторое время выходит на конкурс, он уже знает, что от него требуется, у него нет языкового барьера. И в ИТЭР его уже знают.

— Сколько студентов прошли такую преддипломную практику в организации ИТЭР?

— Пока не много — четыре человека. Но у нас есть принципиальная договоренность с Международной организацией ИТЭР, что мы эту программу будем продолжать. Есть и другая форма «внедрения» наших специалистов — ITER Project Associate. Мы можем на три-четыре года прикомандировать нашего специалиста в ИТЭР. Юридически он является сотрудником одной из российских организаций, участвующих в проекте, но фактически работает в Кадараше. После такой командировки у специалиста хорошие шансы трудоустроиться в штат либо продолжить сотрудничество с международной организацией ИТЭР в каком-то другом формате.

— Говорят, что следующим шагом к термоядерной энергетике после экспериментального реактора ИТЭР станет демонстрационная установка DEMO. Ее также будут строить в рамках международного проекта?

— Это еще не решено. Но лично мое мнение: DEMO нам совершенно точно надо делать вместе. Неправильно будет пренебрегать наработанным опытом и не использовать уникальные производства, созданные в рамках ИТЭР.

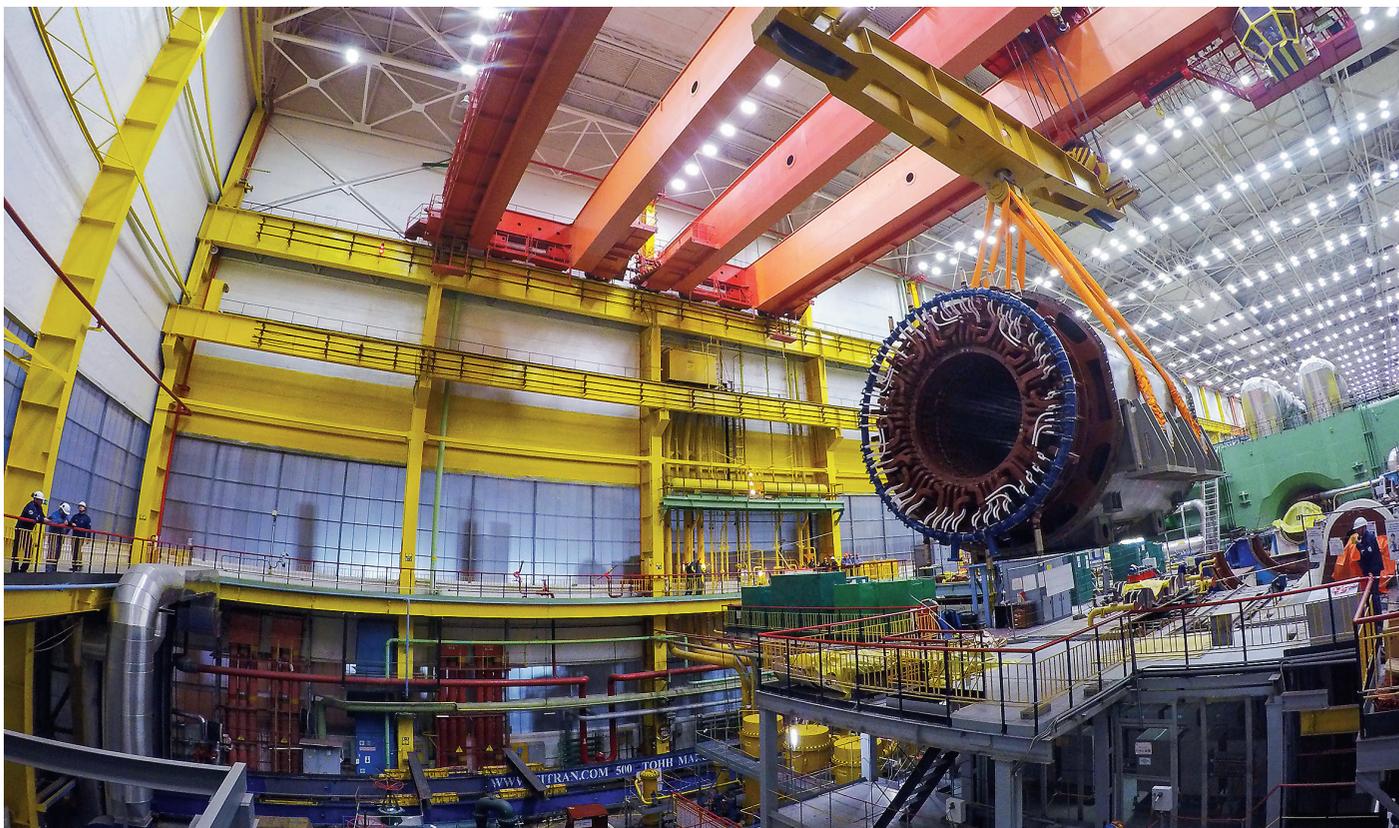
### На фото

200-тонная катушка полоидального поля PF1 прошла решающую стадию производства в России: пропитку в вакууме под давлением смолой, которая упрочняет пакет обмоток катушки в жесткую сборку и обеспечивает электрическую изоляцию



**Текст:** Ирина Дорохова  
**Фото:** Пресс-служба Калининской АЭС

Транспортировка нового статора генератора для энергоблока № 1 Калининской АЭС



## Станционное омоложение

*На Калининской АЭС знают, как за девять месяцев обновить блок-тысячник*

**В прошлом году на блоке № 1 Калининской АЭС прошла масштабная модернизация. Всего за девять месяцев были заменены важнейшие системы, обеспечивающие безопасную работу блока.**

Это уже второе капитальное обновление блока, но в первый раз оно шло постепенно, системы заменялись в течение нескольких лет, и в 2014 году Калининская АЭС получила от Ростехнадзора лицензию на продление эксплуатации блока № 1 до 28 июня 2025 года. Главная цель нынешней модернизации — подготовить энергоблок № 1 к получению от регулятора лицензии на эксплуатацию до 2044 года.

Блок № 1 был остановлен на капитальный ремонт 23 ноября 2019 года. В работах были задействованы более 900 человек ремонтного персонала станции и более 2 тысяч представителей подрядных организаций, проектных институтов и заводов-изготовителей. Задачей было за девять месяцев выполнить капитальный ремонт реакторной установки, турбины и генератора, смонтировать автоматизированную систему

радиационного контроля, заменить насосы системы аварийного охлаждения активной зоны, блочный трансформатор и статор турбогенератора и модернизировать бассейн выдержки отработавшего ядерного топлива.

Также важнейшей задачей ремонта была комплексная модернизация АСУ ТП: электротехнического оборудования, элементов управления и энергоснабжения систем безопасности, панелей блочного и резервного щитов управления, замена кабельного хозяйства (подробнее об этом см. в материале «Логика обновления», стр. 54).

Некоторые работы выполнялись впервые. Например, в первый раз на ВВЭР-1000 отремонтировали главный разъем реактора — место соединения корпуса реактора с крышкой.

Кроме того, впервые для контроля состояния металла использовался модульный манипулятор доставки и наведения системы телевизионного контроля. Раньше для обследования использовали перегруз-машину: манипулятор с видеокамерой закрепляли

### Александр Дорофеев

Главный инженер  
Калининской АЭС:

“

В таком объеме модернизация систем и оборудования на энергоблоке российского дизайна выполняется впервые. Реализация всего комплекса работ позволила значительно изменить конфигурацию энергоблока, повысить производительность систем контроля и управления в целом в 12–15 раз

”

на рабочей штанге и опускали в шахту реактора. Перемещать перегруз-машину приходилось вручную, процесс шел долго.

Новый манипулятор устанавливали прямо на главный разъем реактора и опускали камеру в шахту. Камера могла вращаться на 360 градусов. Поскольку манипулятор не надо передвигать, скорость сканирования выросла, время операции сократилось. Да и перегруз-машина осталась свободной, ее использовали для перестановок топлива в бассейне выдержки и на других работах. Экономический эффект от использования модульного манипулятора достиг 65 млн руб.

«Результаты телевизионно-измерительной и визуальной диагностики металла свидетельствуют, что состояние цилиндрической части и днища реактора, а также внутрикорпусных устройств полностью соответствует проектным параметрам и требованиям безопасности. Это определяющий фактор для получения разрешения на эксплуатацию энергоблока в продленном сроке», — отметил главный инженер Калининской АЭС Александр Дорофеев.

На станции заменили много тяжелых, крупногабаритных агрегатов. Например, двухпоточные фильтры

## Всего в рамках капитального ремонта было выполнено 60 проектов по модернизации оборудования

смешанного действия в составе блочной обессоливающей установки заменили на однопоточные. Фильтры нужны, чтобы поддерживать водно-химический режим теплоносителя, препятствующий коррозии и созданию отложений на поверхностях оборудования второго контура. «Эксплуатация однопоточных фильтров проще и безопаснее», — объясняет выбор начальник химического цеха Калининской АЭС Алексей Цицер. Вес каждого фильтра — 16 тонн. Производительность — 900 м<sup>3</sup> в час.

Заменяли статор генератора. Его вес более 300 тонн, это один из самых тяжелых агрегатов на АЭС. Кроме того, в турбинном отделении отремонтировали и заменили три цилиндра низкого давления и один цилиндр высокого давления. Два ротора цилиндров низкого давления переоблопатили, то есть установили новые лопатки.

Модернизировали резервную дизельную электростанцию (РДЭС) — «запасное сердце» АЭС. Она нужна, чтобы питать электроэнергией оборудование АЭС при полном обесточивании энергоблока. Каждый дизель на РДЭС первого блока полностью разбирали, заменяли изношенные детали, настраивали топливную

арматуру. Кроме того, на каждой РДЭС было заменено 95 % трубопроводов и модернизировано электрическое хозяйство. Своя РДЭС есть у каждого из трех каналов безопасности на всех четырех блоках Калининской АЭС. Еще две РДЭС — общестанционные.

На трех парогенераторах модернизировали системы измерения уровня. В машинном зале и гермообъеме, где находится реакторная установка, заменили вентиляционное оборудование — в общей сложности 19 установок. В системе аварийного охлаждения заменили насосы, арматуру и приводы к ней, отремонтировали примыкающую арматуру. В бассейне выдержки установили стеллаж уплотненного хранения топлива.

Всего в рамках капитального ремонта было выполнено 60 проектов по модернизации оборудования АСУ ТП, электротехнического и тепломеханического оборудования, заменено 2085 км силового и контрольного кабеля, внедрена более современная и производительная информационно-вычислительная система ИВС/СППБ.

Участники модернизации гордятся тем, что смогли уложиться в столь сжатые сроки: 7 сентября 2020 года блок № 1 вышел на номинальную мощность 1000 МВт. Следующий шаг — подача документов на продление срока эксплуатации блока регулятору.

В настоящее время идет подготовка к модернизации блока № 2 Калининской АЭС. Принципиально он такой же, как и блок № 1, поэтому накопленный опыт будет учтен в новой ремонтной кампании.



### На фото

Замена рабочих лопаток ротора низкого давления

# Логика обновления

*РАСУ делится своим опытом модернизации АСУ ТП АЭС*

**«Русатом — Автоматизированные системы управления» (РАСУ) — компания, которая стала одним из ключевых участников модернизации АСУ ТП первого блока Калининской АЭС. Главная цель модернизации — продление срока эксплуатации станции до 2044 года. Компания в сотрудничестве с заказчиком, генпроектировщиком, заводами-изготовителями оборудования, монтажной и наладочной организациями успешно решила все поставленные перед ней задачи: разработала, заказала, протестировала и обеспечила установку и наладку АСУ ТП в жесткие сроки ремонта. Ниже — история модернизации от ее создателей.**

объекта — энергоблока АЭС. Такими компетенциями обладали специалисты созданной в 2016 году компании АО «РАСУ», которая стала отраслевым интегратором в сегменте АСУ ТП. Услуги для действующих объектов использования атомной энергетики были определены одним из направлений деятельности компании.

РАСУ предложила Концерну «Росэнергоатом», куда входит Калининская АЭС, и участникам работ свое видение модернизации АСУ ТП. После обсуждения и согласования появилась итоговая концепция. Ее главной особенностью было соблюдение требования разнообразия: СКУ двух каналов СБ — программируемые, одна — на жесткой логике. Ранее подобный вариант в соответствии с новыми правилами безопасности приняли к реализации на третьем блоке Ростовской АЭС, который строился в то время (был подключен к сети в феврале 2018 года).

## На фото

Модернизированный блочный щит управления (БЩУ) энергоблока № 1 Калининской АЭС. За работой оперативный персонал блока

## Хроника модернизации

Готовиться к модернизации Калининская АЭС начала еще в начале 2010-х годов. Постепенно стало понятно, что для проведения закупок и работ по модернизации АСУ ТП в соответствии со всеми современными требованиями нужна глубокая специализация и опыт системной интеграции АСУ ТП большого

Больше года стороны обсуждали детали, в том числе коммерческие, и в 2017 году заключили договор об участии РАСУ в модернизации АСУ ТП первого энергоблока Калининской АЭС. Впрочем, чтобы не терять времени, специалисты РАСУ включились в работу по подготовке документации еще до официального



Монтаж оборудования АСУ ТП  
на энергоблоке № 1



подписания контракта. Они знали, что разрабатывать документацию надо будет около полугода, а изготавливать аппаратуру — около девяти месяцев. «У нас было гораздо меньше времени, поэтому приходилось договариваться с каждым заводом, просить поставить наш заказ в первую очередь», — поделился главный инженер проекта Николай Лялюк.

Была сформирована рабочая группа под руководством «Росэнергоатома». В нее вошли также представители Калининской АЭС, РАСУ, генпроектировщика (сейчас — филиал АО «Атомпроэнергoproject» (АЭП) «Нижегородский проектный институт»), заводоизготовителей, монтажной и наладочной организаций. Раз в две недели рабочая группа обсуждала накопившиеся вопросы по модернизации АСУ ТП блока. Концентрация полномочий у руководителя группы позволяла минимизировать время на решение организационных вопросов.

Первой задачей стал сбор реальных данных об оборудовании на станции: проект создавался давно, так что в процессе строительства и эксплуатации неизбежно накапливались изменения. «Реверс-инжиниринг — сложная задача: надо разобраться в том, что изменилось за время жизни такого сложного объекта, как АСУ ТП атомного энергоблока, и уже эти сведения использовать для технического задания на автоматизацию и задания заводу-изготовителю (ЗЗИ)», — комментирует заместитель директора по проектам модернизации РАСУ Николай Владиславлев. Калининская АЭС передавала информацию АЭП, АЭП готовил ЗЗИ, РАСУ верифицировала каждое.

«У системы есть несколько составных частей. Одна часть отвечает за отображение данных о процессах в реакторе на блочном щите управления. Другая — за формирование и передачу команд управления механизмам, например стержням СУЗ. Все эти части должны быть связаны. Но при создании проекта можно ошибиться: ты предусмотрел элемент управления, но не показал, что к нему нужно подвести кабель, или не предусмотрел модуль, который примет сигнал и передаст его устройству, и так далее. А поскольку сигналов тысячи и надо проверить, чтобы все последовательности были выстроены и системы «не разъехались», верификация становится объемной

## Сложности и возможности

**Большой объем работ, проведенных за одну ремонтную кампанию.** Это новшество: раньше на других АЭС за один ППР могли заменить один канал защиты, за второй — другой и так далее. На Калининской АЭС заменили оборудование трех систем контроля и управления каналов системы безопасности (СКУ СБ) — по числу каналов системы безопасности. Также заменили СКУ систем нормальной эксплуатации, важных для безопасности (СКУ СНЭ ВБ), технические средства оперативно-диспетчерского управления (пульты операторов и мозаичные панели блочного и резервного щитов). Поставили новые контрольно-измерительные приборы (КИП) и низковольтные комплектные устройства для коммутации напряжения на электроприводную арматуру (здвижки на трубопроводах и пр.).

**Короткие сроки.** Ремонт надо было уложить в 270 суток. Каждые сутки простоя за рамками установленного срока ремонта — это несколько десятков миллионов рублей недополученной выручки от производства электроэнергии. Работали в три смены. «На старте проекта у многих был скепсис, не все до конца верили, что такой объем работы возможно осуществить в столь сжатые сроки. Но все получилось», — отмечает генеральный директор РАСУ Андрей Бутко.

**Пандемия.** В самый разгар работ один из заводов-изготовителей остановился. Пришлось договариваться о выходах части персонала, чтобы не останавливать производство совсем.

**Модернизация на действующем блоке.** Несмотря на то, что топливо было полностью выгружено из реактора и перенесено в бассейн выдержки, находящийся рядом, системы безопасности, контролирующие охлаждение, должны были работать, их нельзя было отключать все сразу. Поэтому замена оборудования была последовательной. Сначала отключили один канал системы безопасности, демонтировали старые кабели и электрооборудование на системе контроля и управления этого канала, смонтировали новое, подключили, проверили, чтобы все работало. Затем так же заменили кабели и электрооборудование на двух других системах. «По требованиям безопасности установлены три системы, из которых две всегда должны быть в исправном состоянии», — объясняет главный инженер проекта Николай Лялюк.

**Требование разнообразия.** В соответствии с современными требованиями безопасности СКУ каналов безопасности должны различаться между собой по типам оборудования, по наличию или отсутствию программного обеспечения для защит безопасности и др. Логика понятна: если одни технические средства откажут, то другие сохраняют работоспособность. Однако разные типы оборудования требуют дополнительных организационных усилий, технической квалификации и времени.

**Обновление с интеграцией «разновозрастных» систем.** В составе АСУ ТП на энергоблоках Калининской АЭС, как и на любом крупном и сложном предприятии, действуют системы, установленные в разные годы. Одной из задач РАСУ было интегрировать все эти системы так, чтобы новые системы совмещались с уже существующими, а вся информация корректно отображалась в интерфейсах контроля и управления. «Есть системы, которые еще далеко не выработали свой ресурс. Но были и аналоговые системы из прошлого века, которые, конечно, надо было заменить на цифровые. Например, устройства логического управления (УЛУ): шкафы, в которых реле — основной элемент логики защиты. И мы должны были соединить все так, чтобы все системы работали как единое целое», — поясняет заместитель директора по проектам модернизации РАСУ Николай Владиславлев. «Такое оборудование уже никто не производит. А когда надо что-то оперативно заменить, а у тебя нет ЗИПа (запасных инструментов и принадлежностей. — Прим. ред.), для станции это вопрос безопасности. С установкой нового оборудования эта проблема снята. Мы заменили то, что нельзя было не менять», — добавляет Николай Лялюк.

около 80%

составила доля нового оборудования АСУ ТП

~ 2 тыс. км

длина новых кабелей. Это больше, чем расстояние от Москвы до Ханты-Мансийска (по прямой)

более 600

число новых шкафов электроприводов



**На фото**

Монтаж и наладка оборудования АСУ ТП в рамках проекта модернизации энергоблока № 1 Калининской АЭС

и многоплановой задачей», — объясняет Николай Лялюк. После нескольких раундов корректировок итоговая проектная документация поступала заводам-изготовителям.

После изготовления оборудование проходило заводские испытания, а затем — полигонные. Они нужны были, чтобы еще до установки на Калининской АЭС подтвердить правильность заложенных связей и функционирования многокомпонентной АСУ ТП. Полигонные испытания экономили до 90% времени на установку на АЭС, считают в РАСУ.

На самом блоке при проведении наладочных работ проводилась настройка контуров управления, включающих элементы АСУ ТП и управляемое ими технологическое оборудование энергоблока.

**Кабели — кровеносная система АЭС**

Отдельно надо рассказать о кабелях. Кабели для станции — это как кровеносные сосуды в теле человека. Кабелей много, они соединяют все «жизненно важные органы» — оборудование АЭС. Это самая длительная операция, она может «откусить» время от всех остальных процедур. Поэтому, когда встает вопрос о модернизации станции, вопрос о замене кабельного хозяйства рассматривают отдельно. Все понимают, что процесс этот трудоемкий и сложный.

Срок службы кабелей на Калининской АЭС истек, они уже не соответствовали современным требованиям. Сейчас действуют новые ГОСТы по пожароустойчивости. Например, изоляция кабелей не должна быть горючей и выделять токсические вещества. Было решено, что кабели надо менять.

Меняли как силовые, так и контрольные кабели. В общей сложности — около 2000 км. И это не весь кабельный массив. В этом была дополнительная сложность. Кабельное хозяйство на АЭС выглядит так: на специальном кабельном полуэтаже проложены тонны кабелей. Все они залиты специальной мастикой, препятствующей горению. Новые кабельные связи прокладывали, используя то же самое пространство. Поэтому кабели могли извлечь, а могли и оставить на месте — доставать каждый не было ни смысла, ни времени. Главной задачей было

**Станциям удобно работать с РАСУ: заказчик заключает один контракт, а РАСУ принимает на себя ответственность за весь договорной процесс с поставщиками и заводами-изготовителями, а также выполняет работы по системной интеграции**

не срезать лишнее, не перепутать и сделать так, чтобы в итоге все работало. Каждая ошибка — это, опять же, потеря жестко лимитированного времени. Впрочем, ошибок практически не было. Монтажом занималось АО «ЭлектроСевКавМонтаж», наладкой — АО «Атомтехэнерго», шеф-монтажом и шеф-наладкой — РАСУ.

**С учетом накопленного опыта**

Блок № 2 — «близнец» блока № 1 (они входят в одну очередь), поэтому технические решения на обоих должны быть унифицированы. Опыт, накопленный во время первой модернизации, будет учтен при проведении второй. Участники проекта проанализировали выявившиеся проблемы. Для того чтобы они не возникли во время модернизации на блоке № 2, были подготовлены предложения, собранные в объединенном отчете Калининской АЭС.

## Цитата

**Александр Дорофеев**

Главный инженер  
Калининской АЭС:

“

По характеристикам, степени безопасности и надежности модернизированная АСУ ТП первого энергоблока КАЭС аналогична тем, которые применяются на отечественных и зарубежных блоках поколения III+

”

Например, оказалось, что выдача задания на изготовление частями, чтобы сэкономить время, себя не оправдала. Правильнее собрать все входные данные и выдать комплексное задание. Также стало понятно, что собирать исходные данные по эксплуатируемому объекту, где планируется модернизация, эксплуатирующей организации необходимо вместе с представителями генпроектировщика и наладочной организации. Работа большая, сложная, требующая различных компетенций. «Уроки первого блока уже учитываем на втором», — заверяет Николай Владиславлев.

Сейчас по второму блоку идет предконтрактная работа. Предполагается, что контракт с РАСУ будет заключен в июне 2021 года. Кроме того, РАСУ по запросу Калининской АЭС проводит анализ текущих потребностей по модернизации АСУ ТП блока №3. Также параллельно с Калининской АЭС РАСУ ведет модернизацию АСУ ТП на энергоблоках Ростовской АЭС.

Для станций работать с РАСУ удобно: заказчик заключает один контракт, а РАСУ принимает на себя ответственность за весь договорной процесс с поставщиками и заводами-изготовителями. При этом одновременно компания выполняет значительный объем работ по системной интеграции: разрабатывает концепцию, выполняет верификацию, полигонные испытания, разработку прикладного программного обеспечения и др.

«Конечно, возможны разные организационные схемы. Станции могли бы сами обратиться к заводам-изготовителям шкафов и прочих комплектующих, а потом испытать затруднения, попытавшись все собрать воедино. Мы же видим не шкафы и кабели по отдельности, а всю систему целиком. Мы понимаем, на что надо обращать внимание, чтобы работала вся цепочка передачи сигналов и команд, чтобы оборудование работало правильно и безопасно, а информация корректно отображалась», — подчеркивает Николай Лялюк.

## Достигнутые улучшения в оборудовании АСУ ТП

- замена выработавших свой ресурс и устаревших технических средств действующей АСУ ТП на современные технические и программные средства, имеющие более высокие технические и эксплуатационные характеристики;
- приведение СКУ СБ в соответствие с действующими нормами и стандартами;
- применение современных компьютерных технологий, обеспечивающих эффективные сбор, обработку, хранение и предоставление информации о состоянии технологических процессов и оборудования, характере и причинах нарушений, что способствуют более точному и емкому пониманию ситуации и уменьшают вероятность ошибок персонала;
- блочные щиты управления стали более информативными и эргономичными. Интегральную оценку состояния безопасности на энергоблоке оператору представляет новая панель безопасности.



### На фото

Модернизированные ТС ОДУ энергоблока № 1 на этапе пусконаладочных работ



## Технологии сквозного действия

*Как атомная отрасль реализует национальные технологические приоритеты*

**Сегодняшний гость рубрики Борис Макевинин не только возглавляет частное учреждение по цифровизации атомной отрасли «Цифрум», но и непосредственно руководит одним из ключевых направлений Единой цифровой стратегии Росатома — программой развития сквозных цифровых технологий и управления данными. В интервью мы поговорили о том, что это за технологии и почему им уделяется столь серьезное внимание.**

— Борис Сергеевич, прежде всего давайте попробуем кратко рассказать читателям «Вестника атомпрома», что такое сквозные цифровые технологии и почему они получили такое название.

— Если коротко, то это ключевые научно-технические направления в цифровой сфере, которые способны оказать, а в действительности уже оказывают наиболее существенное влияние на развитие самых разных индустрий и рыночных сегментов. Трансформирующее влияние этих технологий на глобальную экономику со временем будет только

нарастать, поскольку они одновременно охватывают множество трендов и отраслей. Поэтому их и называют «сквозными».

В 2017 году была утверждена первая редакция национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», в которой появилось понятие сквозных цифровых технологий. В конце 2018 года программа «Цифровая экономика» была обновлена. Кроме того, был утвержден федеральный проект «Цифровые технологии», в котором к приоритетным для страны направлениям были отнесены квантовые технологии, новые производственные технологии, искусственный интеллект, виртуальная и дополненная реальность и ряд других.

— Какова роль Росатома в развитии этой группы цифровых технологий?

— После принятия национальной программы «Цифровая экономика», а затем и федерального проекта «Цифровые технологии» встал очень непростой вопрос. Как на практике реализовать национальные технологические приоритеты? Кто конкретно возьмет на себя ответственность за достижение целевых показателей?

---

## **«Сквозные технологии — это основа для создания конкурентоспособных рыночных цифровых продуктов Росатома»**

---

В результате сформировалось понимание, что без крупнейших государственных корпораций и компаний — с их ресурсами, компетенциями и возможностями — здесь просто не обойтись.

В рамках взаимодействия с правительством России в 2019 году Росатом выступил центром компетенций федерального проекта «Цифровые технологии». С привлечением сотен ведущих экспертов удалось реализовать полный цикл разработки семи дорожных карт развития сквозных цифровых технологий в нашей стране. А первой утвержденной правительством дорожной картой развития сквозных цифровых технологий в прошлом году стала наша карта по квантовому вычислениям.

— Какое место сквозным технологиям отведено в Единой цифровой стратегии Росатома?

— В рамках Единой цифровой стратегии (ЕЦС) программа развития сквозных цифровых технологий и управления данными рассматривается как одна из ключевых. С точки зрения архитектуры нынешней, четвертой, редакции ЕЦС 4.0, это один из базовых элементов, который поддерживает другие направления.

Во-первых, мы развиваем сквозные технологии в интересах цифровизации страны. В том числе с учетом тех целей, которые закладываются сегодня в проект новой фронтальной стратегии социально-экономического развития России.

Во-вторых, мы решаем внутренние задачи вместе с дивизионами и предприятиями атомной отрасли, которые нацелены на достижение значимых эффектов благодаря внедрению нового поколения цифровых решений на основе сквозных технологий.

И, наконец, сквозные технологии — это основа для создания конкурентоспособных рыночных цифровых продуктов Росатома.

— По каким направлениям развития сквозных цифровых технологий Росатом работает наиболее активно?

— Сегодня к категории сквозных в России отнесены 10 цифровых технологий. Это управление данными, промышленный интернет, производственные технологии, виртуальная и дополненная реальность, беспроводная связь, робототехника и сенсорика, нейротехнологии и искусственный интеллект, системы распределенного реестра, квантовые технологии и отраслевые цифровые технологии. Мы работаем практически по всему списку. За исключением разве что блокчейна.

В прошлом году объем разработок в области сквозных цифровых технологий и управления данными продемонстрировал очень заметный рост. Общее количество наших проектов, прототипов и инициатив за 2020 год составило 56.

Кроме того, мы сформировали несколько совместных лабораторий с партнерами. Это хорошая база для того, чтобы двигаться дальше.

— Как оцениваются те позитивные эффекты, которые могут принести нашей отрасли, да и стране в целом, проекты на базе сквозных технологий?

— В рамках программы сквозных цифровых технологий и управления данными (СЦТиУД) каждой сквозной технологии соответствуют разрабатываемые платформы и, главное, ожидаемые результаты.

Платформа данных позволяет использовать данные в качестве одного из важнейших активов корпорации. Создаваемая цифровая промышленная платформа нацелена на повышение эффективности промышленных предприятий в эпоху «Индустрии 4.0». А развиваемая нами платформа «Сохранение критически важных знаний» призвана обеспечить накопление и систематизацию знаний, включая узкоотраслевые.

В свою очередь, цифровая система управления атомной отраслью «Навигатор» должна обеспечить повышение качества принятия решений. Платформа виртуальной

и дополненной реальности — это новая степень свободы в работе с цифровыми моделями. А платформа искусственного интеллекта — уникальный инструмент для создания широкого спектра отраслевых решений.

---

**«В прошлом году объем разработок в области сквозных цифровых технологий и управления данными продемонстрировал очень заметный рост. Общее количество наших проектов, прототипов и инициатив за 2020 год составило 56»**

---

Очень важно, что все проекты в рамках программы сквозных цифровых технологий и управления данными мы запускаем только после проведения тщательного анализа реальных потребностей.

На сегодняшний день мы уже проанализировали 546 дивизиональных цифровых проектов и 173 проекта по СЦТиУД в рамках взаимодействия с 19 дивизионами и новыми бизнесами. Так формируется основа для пилотного внедрения самых востребованных цифровых технологий.

Например, недавно в Волгодонске было проведено развернутое обследование двух производственных площадок машиностроительного дивизиона — филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» и АО «Атомтрубопроводмонтаж». По обеим площадкам осуществлен сбор и анализ потребностей в цифровых технологиях (таких как промышленный интернет вещей, управление данными, виртуальная и дополненная реальность, предиктивная аналитика, искусственный интеллект). Результаты этого обследования станут основой для развития программ внедрения и развития сквозных цифровых технологий и сервисов в одном из ключевых дивизионов госкорпорации.

— У каждого дивизиона Росатома — своя специфика деятельности, что требует индивидуального подхода к цифровизации...

— Это так. Поэтому недавно в отрасли стартовал цикл сессий по цифровому дизайн-мышлению, организованный специалистами «Цифрума». Цель программы — вместе с командами предприятий создать «цифровой образ» каждой компании. А в итоге — выработать конкретные предложения для разработки дорожных карт цифровизации предприятий.

Первая сессия из этого цикла прошла в АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ» — Троицком институте инновационных

и термоядерных исследований Росатома. Коллектив предприятия и команда «Цифрума» вместе выявили ряд актуальных задач, определили шорт-лист самых востребованных технологий и составили перечень приоритетных цифровых проектов для потенциального внедрения в рамках дорожной карты. В наших планах — расширить географию дизайн-сессий на другие ключевые дивизионы.

— Каковы конкретные эффекты, которые способны принести предприятиям отрасли новые решения на базе сквозных технологий?

— Как правило, речь идет не об одном единичном эффекте, а о целом комплексе результатов. Это увеличение сроков службы основных фондов, сокращение затрат на материалы, топливно-энергетические ресурсы и логистику, снижение затрат на плановые ремонты, сокращение внеплановых простоев... И, что важно, эффекты от проектов на базе сквозных цифровых технологий могут измеряться в десятках процентов.

— Как на практике работает такой подход?

— В качестве примера приведу результаты проекта «Цифровой эксперт» на основе технологии дополненной реальности, который был реализован в машиностроительном дивизионе Росатома «Атомэнергомаш» (АЭМ) совместно с командой «Цифрума». Тестирование проходило на двух предприятиях — филиалах АО «АЭМ-технологии»: «Петрозаводскмаш» в г. Петрозаводске и «Атоммаш» в г. Волгодонске.

---

**«Важно, что эффекты от проектов на базе сквозных цифровых технологий могут измеряться в десятках процентов»**

---

Благодаря применению носимых устройств — очков дополненной реальности и наушников — разработанная платформа позволяет оперативно подключать экспертов для решения самых разных задач в дистанционном режиме. Один из вариантов использования системы — удаленная приемка сложных технических изделий. В рамках решения тестовых задач мы убедились, что инспектору заказчика не обязательно лично находиться на предприятии, поскольку современные технологии дают полный эффект присутствия.

Если говорить об эффектах, то применение этой технологии — хорошее подспорье в условиях все еще непростой эпидемиологической ситуации. Ведь появляется возможность выполнять производственные планы вне зависимости от того, могут ли представители заказчика физически посетить предприятие. Но

очевидны и другие позитивные результаты: экономия на командировках, сокращение неплановых простоев из-за аварийных ситуаций и целый ряд других.

— **Расскажите, пожалуйста, о других примерах отраслевых проектов, которые реализуются с опорой на сквозные цифровые технологии.**

— Один из очень интересных проектов, который мы сейчас ведем совместно с ЧУ «ИТЭР-Центр», предполагает пилотный запуск на серверных мощностях «ИТЭР-Центра» информационного решения по управлению интеллектуальным капиталом «Интеллектуум», разработанного специалистами «Цифрума».

Согласно текущей концепции системы, в будущем она позволит организовывать доступ ко всем источникам знаний через одно окно, интегрировать различные источники хранения данных и информации, выстраивать онтологические модели, а также осуществлять полнотекстовый семантический поиск с применением инструментов искусственного интеллекта и машинного обучения.

Другой многообещающий проект, над которым работают специалисты МСЗ и «Цифрума», связан с применением искусственного интеллекта для оптимизации качества топливных таблеток. С помощью технологий машинного обучения и ИИ были созданы математические модели производственных процессов, которые позволяют не только сокращать расходы на обслуживание и капитальный ремонт оборудования за счет уменьшения количества внеплановых простоев, но и увеличить качество готовой продукции при одновременном снижении ее себестоимости. Нынешние результаты проекта позволяют говорить о возможности широкого тиражирования такой технологии на предприятиях отрасли и за ее пределами.

Еще один пример — очень позитивные результаты тестирования системы предиктивной аналитики электролизеров на производстве технического фтора сублиматного завода Сибирского химического комбината (АО «СХК»). Система позволяет фиксировать отклонения от нормальной эксплуатации оборудования (электролизеров) для увеличения межремонтного интервала и повышения доли автоматизации в процессах диагностики. Для решения этой задачи специалистами «Цифрума» был разработан прототип системы предиктивного анализа и мониторинга оборудования на базе анализа данных и искусственного интеллекта. На наш взгляд, этот проект также имеет высокий потенциал масштабирования на предприятиях отрасли.

— **Есть ли в портфеле программы развития сквозных технологий проекты, которые связаны с расширением использования робототехники в отрасли?**

— Безусловно! Например, в Петрозаводском филиале компании «АЭМ-технологии» (входит в машиностроительный дивизион Росатома) при участии «Цифрума»

было успешно проведено тестирование роботизированного токарно-револьверного станка с числовым программным управлением (ЧПУ). Токарный станок был дополнительно оборудован коллаборативным роботом — коботом, который умеет взаимодействовать с человеком. Система числового программного управления станка и система управления коботом были связаны между собой и составили единый технологический комплекс. По итогам испытаний наши коллеги из «Петрозаводскмаша» подтвердили возможность роботизации станков с ЧПУ для изготовления отдельных элементов оборудования АЭС.

---

## **«На сегодняшний день мы уже проанализировали 546 дивизиональных цифровых проектов и 173 проекта по СЦТиУД в рамках взаимодействия с 19 дивизионами и новыми бизнесами. Так формируется основа для пилотного внедрения самых востребованных цифровых технологий»**

---

— **Спектр сквозных цифровых технологий достаточно широк. На каких направлениях планируется сфокусировать усилия в 2021 году?**

— Все проекты в рамках программы СЦТиУД для нас важны, поскольку они дополняют и взаимно обогащают друг друга. Но ряд направлений потребует от нас особого внимания и приложения максимальных усилий.

В числе безусловных приоритетов 2021 года я бы назвал перевод прототипа цифровой системы управления атомной отраслью «Навигатор» в режим опытной эксплуатации, развитие вместе с партнерами самообучающейся нейроморфной системы искусственного интеллекта, участие в создании федеральной сети опорных центров компетенций в сфере ИИ, развитие платформы виртуальной и дополненной реальности, а также создание отраслевой платформы промышленного интернета вещей, которую в дальнейшем планируется использовать в качестве одного из компонентов цифровой промышленной платформы — комплексного решения, создаваемого в интересах Росатома и других отраслей экономики страны.

Планов и задач множество. Но уверен, что при поддержке наших коллег из дивизионов и предприятий Росатома мы обязательно справимся!

# «Ханхикиви» подходит к морю

*Росатом планомерно ведет работы по созданию новой АЭС в Финляндии*

**Финляндия — страна, входящая в Евросоюз, давно знакомая с ядерными технологиями. Росатом ведет здесь проект по строительству АЭС «Ханхикиви». Строительство вспомогательных зданий и сооружений, в том числе морских гидротехнических, уже идет, а станция — приносит пользу местным муниципалитетам.**

В Финляндии действуют две атомные станции — «Ловииса» и «Олкилуото». На «Ловиисе» — два блока по 507 МВт. Они были введены в эксплуатацию в 1977 и 1980 годах. На «Олкилуото» — два блока по 890 МВт. Первую электроэнергию в сеть они выдали практически в те же годы: в 1978 и 1980 годах. Все четыре блока в 2019 году произвели около 23 ТВт·ч электроэнергии. Это 34,7% от общего объема произведенной в стране электроэнергии.

## «Ловииса»

«Ловииса» стала первым — и успешным — опытом сотрудничества России (тогда — СССР) и Финляндии. С тех пор российские атомщики знают о требовательности и скрупулезности финских заказчиков и регуляторов, высоких нормах безопасности, принятых в стране.

По воспоминаниям очевидцев, при возведении «Ловиисы» финские партнеры потребовали создать резервы всех вспомогательных систем, а во время работ проверяли каждый сварной шов. Настаивали на проведении новых испытаний для обоснования надежности и даже требовали снизить скорость сварки: мол, рабочие устанут и могут сделать ошибку. Скорость, конечно, снизили, но и ошибок не было. «Не без гордости скажу, что на тот период и до настоящего времени наш проект АЭС

«Ловииса» — один из лучших в мире. Многие технические решения, опробованные на этом проекте, получили развитие на других проектах сооружения АЭС», — делился воспоминаниями директор по перспективным проектам московского филиала НИАЭП-АСЭ Михаил Рогов.

Финляндия, в отличие от многих европейских держав, продолжает поддерживать и развивать атомную энергетику. На «Олкилуото» строится третий блок. Кроме того, Финляндия планирует построить новую электростанцию — «Ханхикиви».

## «Ханхикиви»

Это одноблочная АЭС мощностью 1200 МВт на базе технологий ВВЭР-1200 поколения III+. Росатом подписал с Fennovoima в декабре 2013 года ЕРС-контракт, в соответствии с которым российская сторона должна возвести под ключ лицензированную, функциональную и рабочую АЭС.

RAOS Project Oy (входит в Росатом) передала 21 декабря 2020 года проектную документацию Basic Design Stage 1 с описанием технических решений «Ханхикиви-1» заказчику АЭС — Fennovoima. Специалисты финской компании приняли пакет документов к дальнейшей работе. Пакет документов включает концептуальный и функциональный проект АЭС, 3D-модель, проекты систем и зданий станции.

Basic Design Stage 1 — основа для предварительного отчета по обоснованию безопасности проекта (ПООБ). Его рассматривает Центр радиационной и ядерной безопасности Финляндии (STUK), после чего правительство Финляндии принимает решение о выдаче лицензии на строительство АЭС. До передачи в STUK финский заказчик Fennovoima проводит собственную проверку всей полученной документации.

Участники проекта согласовали график ключевых событий. Текущий объем работ на площадке определяется проектным графиком. Предполагается, что строительство объектов ядерного острова начнется в середине 2023 года.

Под самый занавес 2020 года, 30 декабря, АО «Росатом — Автоматизированные системы управления» (АО «РАСУ», отраслевой интегратор направления АСУ ТП) заключило контракт на оказание технической поддержки по проектированию и системной интеграции АСУ ТП для АЭС «Ханхикиви-1» с компанией Framatome GmbH. В рамках контракта Framatome предоставит консалтинговые услуги, а РАСУ выполнит

## На фото

Строительная площадка АЭС «Ханхикиви-1» в апреле 2021 года



анализ проектной документации, осуществит техническое руководство и интеграцию работ.

Этот контракт — развитие основного контракта на поставку комплекта АСУ ТП. АО «КОНЦЕРН ТИТАН-2» и консорциум Framatome-Siemens подписали его в 2019 году. Первоочередная задача в рамках контракта — разработка документации, необходимой для получения лицензии на сооружение АЭС.

В начале апреля 2021 года основной контракт с Framatome-Siemens на комплектную поставку всего объема работ по АСУ ТП был передан от «КОНЦЕРНА ТИТАН-2» в РАСУ. Ожидается, что передача повысит эффективность взаимодействия всех участников проекта за счет перераспределения всего объема работ по проекту пропорционально компетенциям участников.

### Общественная жизнь

Как всегда в странах присутствия, Росатом занимается не только возведением объектов на базе ядерных технологий, но и знакомит с ними всех желающих. В сентябре 2019 года на площадке АЭС «Ханхикиви» во время дня открытых дверей побывали более 3,5 тыс. местных жителей. В 2020 году от мероприятия пришлось отказаться из-за коронавируса. В 2021 году заказчик АЭС, компания Fennovoima, приняла решение не проводить день открытых дверей на площадке, так как ожидаемое количество заинтересованных гостей может легко превысить показатель 2019 года, а обеспечить безопасное проведение мероприятия для нескольких тысяч местных жителей в условиях продолжающейся пандемии COVID-19 на строительной площадке невозможно.

Компенсировать масштабное прямое общение с жителями региона призвана выставка фотографий о строительстве второй очереди Ленинградской АЭС. ЛАЭС-2 — референтная станция для АЭС «Ханхикиви-1». В августе-ноябре 2021 года планируется выставка авторских фотографий менеджера по коммуникациям «КОНЦЕРНА ТИТАН-2» Александра Кашина. Поочередно она пройдет в городских библиотеках четырех муниципалитетов около площадки Ханхикиви — Калайоки, Пюхяйоки, Раахе и Сиикайоки.

Еще одно регулярное мероприятие — семинар для поставщиков, который в Финляндии Росатом проводит вместе с Ассоциацией поставщиков для атомной энергии FinNuclear. В ноябре 2020 года семинар прошел в онлайн-формате, на платформе зарегистрировались свыше 160 участников, более половины из них приняли участие в онлайн-встречах business-to-business (B2B).

В июне 2021 года Росатом участвует в Nordic Nuclear Forum 2021, крупнейшем в Северной Европе международном форуме по атомной энергетике. На форуме Росатом представит виртуальный выставочный стенд, в деловой части выступит заместитель генерального директора АО «РЭИН» Антон Дедусенко. Он расскажет о перспективах деятельности Росатома на финском энергетическом рынке с учетом развития новых

### Доктор Райнер Гёринг

Директор строительной площадки АЭС «Ханхикиви-1» компании RAOS Project Oy:

С начала года практически удвоилась численность рабочего персонала «КОНЦЕРНА ТИТАН-2», основного подрядчика на строительстве АЭС. Теперь на площадке работают более 300 человек. Продолжаются работы на зданиях и сооружениях строительной базы. Несколько зданий сейчас проходят этап функциональных испытаний и скоро будут сданы в эксплуатацию.

Завершено строительство морских гидротехнических сооружений — волнорезов и временных дамб для защиты туннелей, еще ряд сооружений сейчас в работе. В мае в доках Таллинна начнется изготовление кессонов водопропускных сооружений.

До конца года рассчитываем приступить к разработке котлована под основные здания и сооружения АЭС, а также к работам по устройству туннелей охлаждающей воды.

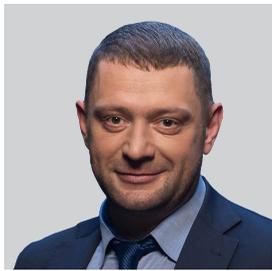
продуктов (включая технологии малой мощности). Представители АО «КОНЦЕРН ТИТАН-2» расскажут заинтересованным финским и международным субпоставщикам о возможностях участия в строительномонтажных работах и поставках оборудования.

Выбирая социальные проекты для поддержки, Росатом — корпорация знаний — делает акцент на образовательных и интеллектуальных мероприятиях. В августе 2019 года в Хельсинки при поддержке Росатома прошел двухнедельный шахматный фестиваль, организованный Финским историческим шахматным обществом совместно с Международной шахматной федерацией (FIDE). Участвовали любители из Скандинавии, Прибалтики и России. Кульминацией стал сеанс одновременной игры на 15 досках Анатолия Карпова с юными финскими талантами.

16 декабря 2020 года ученики лицея в Пюхяйоки (муниципалитете, к которому относится АЭС «Ханхикиви») приняли участие в международной молодежной конференции NEXT 75 в Сочи. Участники обсуждали глобальные вызовы и задачи, которые человечеству придется решать в самом ближайшем будущем.

Ученики лицея также приняли участие в съемках одной из серий проекта «Атом для людей». Главным героем документального мини-фильма стал мэр города Пюхяйоки Матти Соронен, который рассказал о положительных изменениях, привносимых в жизнь муниципалитета в связи с реализацией проекта АЭС «Ханхикиви-1».

15 мая завершился сбор заявок на финансовую поддержку благотворительных проектов в регионе сооружения АЭС «Ханхикиви-1». Получены заявки на поддержку спортивных мероприятий для развития детского и юношеского спорта, создания троп здоровья, расширения ботанического сада и т. д. По итогам рассмотрения будут отобраны наиболее интересные инициативы для включения в объединенную заявку РЭИН.



Федор Буйновский,  
обозреватель «Вестника атомпрома»

# Неопределенность как норма жизни

*О новых идеях всемирно известного американского публициста и их актуальности для современной России*

**«Рискуя собственной шкурой. Скрытая асимметрия повседневной жизни» — книга американского экономиста и трейдера Нассима Николаса Талеба. Книга является пятым (и последним на данный момент) томом цикла *Incerto* (лат.— неопределенный), посвященного неопределенности и функционированию сложных систем. Именно этим прежде всего и интересна книга. Сложно представить себе что-то более неопределенное, чем нынешнее политическое и экономическое положение в мире.**

## Рискуя собственной шкурой

В основе книги лежит идея о том, что люди, ответственные за принятие решений, должны не только поощряться в случае успеха, но и нести потери в случае неудачи — этот принцип Талеб и называет «Шкурой на кону». По его мнению, «шкура на кону» нужна, чтобы принимать правильные решения и лучше понимать жизнь.

Книга рассказывает о четырех проблемах, которые, по сути, являются одной. Это неопределенность и достоверность знаний (практических и научных — между ними есть разница) или, выражаясь грубее, распознавание чуши; симметрия в отношениях между людьми: честность, справедливость, ответственность и взаимная выгода; распределение информации при взаимодействии и рациональность в сложных системах и реальном мире. «То, что эти четыре темы невозможно рассматривать отдельно, делается предельно ясно, когда вы ставите на кон... свою шкуру», — говорится в книге.

Автор считает, что в современном мире государственного управления, а также в корпоративной деятельности, где правит топ-менеджмент, отсутствие ответственности за свои решения развращает. Это, по мнению Талеба, в корне отличает современную

бюрократию, которая является конструкцией, удобно отделяющей человека от последствий его действий, от той же монархии.

«Даже сегодня монархи черпают легитимность из общественного договора, требующего физического риска. Британская королевская семья пошла на то, чтобы на Фолклендской войне 1982 года молодой принц Эндрю рисковал больше «простолюдинов» и его вертолет был на линии огня. Почему? Потому что *noblesse oblige* — положение обязывает; статус лорда традиционно получал тот, кто защищал других, меняя риск на социальное возвышение, — и британцы об этом контракте не забыли. Вы не можете быть лордом, если вы им не являетесь», — пишет автор.

Талеб считает, что многие деятели хорошо устроились. Они делают какие-то дела, вмешиваются в жизнь общества, получают свои деньги, но не несут совершенно никакой ответственности. И это вредит всему обществу в целом. По мнению автора, все должно быть устроено таким образом, чтобы каждый деятель отвечал своей головой. Капитан тонет со своим кораблем, пилот умирает при крушении самолета. Плохой электрик умирает от удара электричеством. Плохой шахматист имеет низкий рейтинг. Но только вот плохой политик или плохой финансист живет и здравствует, а убытки и погибель грозят всем вокруг, кроме него. Именно то, что он не рискует «своей шкурой» позволяет ему вредить обществу и дальше.

В качестве примера настоящей ответственности Талеб приводит, наверное, самые древние законы в истории человечества, а именно законы Хаммурапи. Этот законодательный свод старовавилонского периода, созданный при царе Хаммурапи в 1750-х годах до н.э., является одним из древнейших правовых памятников в мире.

Самое знаменитое предписание Хаммурапи таково: «Если строитель построил человеку дом и свою

работу сделал непрочно, а дом, который он построил, рухнул и убил хозяина, то этот строитель должен быть казнен».

В современном мире, в отличие от здоровых и справедливых законов древности, действуют другие правила. А именно: желание прятать риски по углам, зарывая уязвимость подальше, чтобы ее мог распознать лишь архитектор, и если случится катастрофа, быть как можно дальше от нее.

### Диктатура меньшинства

Еще одно парадоксальное утверждение Талеба: «в мире правит диктатура меньшинства».

Автор считает, что именно непримиримые меньшинства, которые отказываются корректировать свое поведение, определяют то, как живет общество, заставляя пассивное большинство подстраиваться под себя. В качестве примера он приводит Великобританию, где при общей доле мусульман около 3% непропорционально большая часть продукции является халяльной. Этим правилом Талеб объясняет и повсеместное распространение английского языка, религий, изменения политического курса.

Основное правило: «Можно заключить, что и моральные ценности в обществе формируются не из-за эволюции консенсуса. Нет, просто самый нетерпимый человек навязывает другим добродетель — именно потому, что он нетерпим». Научным языком этот процесс Талеб называет процессом ренормализации.

«По сути, ренормализационная группа демонстрирует эффект вето: один человек в группе может управлять ее выбором. Рекламный топ-менеджер Рори Сазерленд сказал мне, что этот эффект объясняет, почему процветают сети закусовых вроде McDonald's. Не потому, что их продукт так хорош, а потому, что определенная социально-экономическая группа не исключает возможность в них питаться — причем доля таких людей в этой группе невелика», — пишет Талеб.

### Эффект Линди

Есть практическое правило, согласно которому ожидаемая продолжительность существования феномена прямо пропорциональна тому, сколько он существовал до этого: у бродвейских спектаклей, продержавшихся, скажем, сто дней, ожидаемая продолжительность жизни — еще сто дней. Если спектакль продержался двести дней, величина составляет еще двести дней. Данное правило и получило название «Эффект Линди».

Талеб дает собственную интерпретацию эффекта Линди с помощью понятия антихрупкости. Согласно его точке зрения, то, насколько вещь «линдиустойчива», зависит от ее реакции на стресс. Хрупкие вещи под воздействием времени разрушаются, в то время как антихрупкие по определению способны получать выгоду от встрясок и продлевать свое

существование. По Талебу, практическое применение эффекта Линди — оценка явлений с точки зрения их пригодности к применению в реальных условиях. То, что существует долго, доказывает свою «линдиустойчивость» и, следовательно, заслуживает доверия. По сути, Линди отвечает на старые как мир метавопросы. Кто оценит эксперта? Кто сторожит сторожей?

### Выживание и время

«Идея выживает, если она хорошо управляет рисками — и не только не вредит тем, кто считает ее верной, но еще и позволяет им выживать с большей вероятностью. Это относится и к суевериям, которые живут столетиями, поскольку защищают тех, кто в них верит. То же самое более строгим языком: идея должна быть выпуклой (антихрупкой) или, по крайней мере, благотворно уменьшать хрупкость в какой-то области», — пишет Талеб.

Некоторые эксперты считают, что экономист своей книгой открывает дискуссию о морали капитализма. Если капитал приобретен человеком или корпорацией, поставившей «шкуру на кон», то такой капитал или лидерство общество готово принять. Если же капитал был приобретен без риска, то это недопустимо. Особенно неприемлем такой подход, когда вопрос касается распределения рисков и вознаграждения. В реальности часто получается так, что высшие социальные группы перекладывают ответственность на низшие.

Концепция Нассима Талеба чрезвычайно актуальна для современной России, которая в настоящее время бьет рекорды по масштабу бюрократизации.

В результате, как отмечает Талеб, назначения, например, бюрократов в России на высокие должности имеет место классическое нарушение принципа «шкура на кону»: человек, назначенный на высокий пост с сопутствующими ему бонусами (деньги, власть, положение), может полностью развалить находящийся в его ведении объект управления, после чего будет переведен на другую работу с повышением. Похожая ситуация давно наблюдается в банковском частном секторе многих западных стран. Однако в России не везде работают одни и те же правила.

Хотелось бы отметить, что вся описанная Н. Талебом ситуация про постановку на кон собственной шкуры как нового подхода с точки зрения повышения эффективности управленческой деятельности для атомной отрасли исторически не является чем-то из ряда вон выходящим.

Тот же атомный проект изначально создавался людьми, находящимися в такой экзистенциальной ситуации. Руководители атомного проекта прекрасно знали свои задачи, равно как и то, что их ждет в случае провала. Вопрос: насколько вырастет конкурс на руководящие должности сегодня, если одним из требований станет принцип «шкура на кону»?

