

— Прежде всего, мы старались опираться на предыдущий успешный опыт взаимодействия Росатома и китайских атомщиков. Существует отлаженный механизм работы, с обеих сторон есть специалисты, давно знающие и хорошо понимающие друг друга. Налажена эффективная форма кооперации, при которой станция проектируется и строится совместно российскими и китайскими специалистами. При этом мы привнесли и значительные новшества в части контрактов, привели их в соответствие с современными требованиями. Например, новые контрактные условия, направленные на серьезную защиту интеллектуальной собственности по проекту CFR600. Это было жесткое требование со стороны Росатома: учитывая уникальность технологий быстрых реакторов, защитить нашу интеллектуальную собственность на самом высоком уровне. Большое внимание также уделялось гражданской ответственности за ядерный ущерб.

При этом, несмотря на то, что стороны хорошо друг друга понимают и у нас сложился правильный формат работы, переговоры были достаточно тяжелые. Ведь такой масштабный пакет проектов является беспрецедентным. Китайские товарищи очень искусные переговорщики, фактически по каждому контракту были непростые дискуссии, тем не менее мы совместно находили решения самых сложных вопросов с учетом баланса интересов обеих сторон.

**— Что входит в интегрированное предложение Росатома в Китае, над заключением которого работал РАОС?**

— В контрактах по Тяньваньской АЭС и АЭС «Сюйдапу» за российской стороной закреплены проектирование и поставка оборудования по ядерному острову, а также поставка топлива. Все остальное — ответственность китайской стороны. Так как строятся блоки новейшего поколения, с которыми китайская сторона еще не имела дела, с большой вероятностью в повестке возникнет вопрос и о подготовке китайских специалистов.

По контракту CFR600 российская сторона поставляет ключевое оборудование, проводит экспертизу отдельных частей проектной документации, поставляет расчетные коды и топливо. С учетом того, что CFR600 — это китайская разработка, нашим специалистам также пришлось адаптировать оборудование и топливо под разработку заказчика.

**— Насколько сложно было заключить контракт о строительстве новых российских энергоблоков с учетом того, что Китай, в отличие от большинства других заказчиков Росатома, имеет собственные атомные технологии?**

— Китай сооружает энергоблоки на базе французских и американских технологий. Но сейчас у них появилась собственная реакторная технология Hualong One (что в переводе с китайского означает «китайский дракон»).

Надо отметить, что блоки ВВЭР в Китае — это, по сути, совместные проекты с высокой степенью локализации. Уже построенные блоки являются одними из самых эффективных в мире. Китайские инженеры имеют опыт их проектирования, строительства и обслуживания и заинтересованы в продолжении сотрудничества. При этом понятно, что, имея собственные разработки, Китай стремится строить блоки национального дизайна.

Как нам удалось договориться о сооружении новых блоков на двух площадках? Помимо отличной репутации российских энергоблоков, свою роль сыграла пакетная сделка. Существовала заинтересованность китайских партнеров в сотрудничестве по лунной программе и поддержке проекта CFR600. В этих сферах мы обладаем необходимыми знаниями, опытом и технологиями, поэтому мы согласились на участие в этих проектах с учетом нашего интереса продолжить сооружение энергоблоков ВВЭР, таким образом найдя общий баланс интересов.

**— Каковы перспективы заключения новых контрактов по строительству в Китае энергоблоков российского дизайна?**

— Мы будем продолжать работу и поиск новых комплексных пакетных договоренностей, которые позволят нам продолжить сооружение российских блоков. Для этого у нас есть правовая база, есть совместное заявление глав правительств России и Китая, озвученное в 2016 году, где одним из перспективных направлений сотрудничества названо серийное строительство энергоблоков ВВЭР в Китае. Есть межправительственное соглашение по площадке Сюйдапу, где речь также идет о серийном сооружении там энергоблоков ВВЭР. Если мы найдем новый сбалансированный подход, то сможем продолжить сотрудничество в сфере строительства энергоблоков большой мощности.

**— Какие еще направления в сфере ядерных технологий имеют перспективы для сотрудничества с Китаем в обозримом будущем?**

— Сейчас ведутся переговоры на уровне Росатома и китайского Агентства по атомной энергии, обсуждаем долгосрочные стратегические планы — и палитра направлений довольно широкая. Мы активно участвуем в этих обсуждениях. Перспективные темы — быстрые реакторы, замыкание топливного цикла, переработка ОЯТ и другие направления. Атомная отрасль достаточно консервативная, а с Китаем опыт сотрудничества довольно продолжительный и успешный. Есть различные проекты на разных технологических переделах. Мы считаем, что надо продолжать то, что успешно реализуется.

Такой палитры реализованных и перспективных проектных направлений, как с Китаем, у Росатома нет ни с кем из других партнеров. Поэтому мы говорим, что для нас Китай такой стратегический партнер, с которым можно делать самые разные проекты, беспрецедентные как по масштабам, так и по технологиям.

Текст: Алексей Комольцев

Фото: Росатом, АО АСЭ

## Взаимный интерес

*Росатом в Индии: возможно ли применение уникального отраслевого опыта поточного строительства на зарубежных площадках*

**29 июня 2021 года на АЭС «Куданкулам» в Индии прошла торжественная церемония заливки первого бетона в фундаментную плиту здания реактора блока №5: стартовый период сооружения третьей очереди станции. Вице-президент инженерингового дивизиона по проектам в Индии и перспективным проектам Андрей Лебедев рассказал о том, как развивался проект и как совместными усилиями мы сможем развивать сотрудничество с Индией еще динамичнее.**

— Андрей Олегович, один из ключевых тезисов в ходе торжественного события 29 июня — слова Алексея Лихачева о том, что «вместе с индийскими коллегами мы готовы совместно развернуть серийное сооружение атомных энергоблоков поколения III+ на новой площадке». Насколько мы и наши партнеры готовы повторить рекорд Запорожской АЭС со знаменитым поточным методом строительства?

— Наши индийские партнеры ведут строительство и пусконаладочные работы самостоятельно: таков их выбор, сделанный еще в начале строительства первой очереди АЭС «Куданкулам». Индийская сторона последовательно, очень взвешенно развивает атомную энергетику: в страну стремятся все ведущие державы, экспортирующие ядерные технологии, мы заслужили доверие только благодаря уверенной конкуренции с сильнейшими мировыми компаниями. На сегодня только России удалось выйти на сооружение первых в Индии энергоблоков большой мощности с технологией водо-водяных реакторов под давлением. На протяжении многих лет мы видели, как на примере передового, во многом уникального и поэтому непростого проекта АЭС «Куданкулам» росли и продолжают расти индийские строительные, монтажные компании. Но как выйти на уровень поточного строительства, который позволит максимально сократить сроки и стоимость объекта?

Начнем с примера советской и затем российской строительной отрасли. После окончания института, с 1982 и по 2001 год, мне посчастливилось работать на Запорожской АЭС и быть непосредственным свидетелем и участником той стройки в качестве специалиста от эксплуатирующей организации. Во многом состоявшийся успех поточного метода заключался в уникальной личности организатора



той стройки, ее руководителя Рэма Хеноха, но только в нем. Поточное строительство — это готовность всей системы управления отраслью к реализации такого подхода. Особенности площадки, сам дух того времени, когда запускался в серию типовой проект блока-миллионника, во многом определили успех реализации «потока» на Запорожской АЭС. Ключевую роль тогда сыграло намерение последовательно и в сжатый срок построить шестиблочную станцию. Для этого были сконцентрированы усилия монтажных организаций, способных выполнять укрупненную сборку и монтаж металлоконструкций, развернуты заводские мощности по месту сооружения станции. Была четко структурирована площадка, до деталей проработана схема механизации как для главных зданий, так и для площадки укрупнения, безукоризненно настроено производство оборудования и логистика. В организациях, которые принимали



участие в проекте, было единообразие в плане готовности схем механизации, понимания сути метода.

Важную роль играла типизация оборудования и ритмичная комплектация стройки. Типовой проект предполагал не только серийность проектных решений, но и однотипность оборудования, и этот подход в то время был абсолютен в своей правильности. Была отлажена кооперация заводов, проектировщик заблаговременно выбирал типовое оборудование; руководство отрасли и страны жестко контролировало соблюдение графиков сооружения и технологической дисциплины. При этом обеспечивалось качество оборудования и разумная цена за сооружаемые энергоблоки. Применяемые сегодня рыночные механизмы, конкурентные процедуры имеют свои безусловные плюсы, но зачастую выгода от конкурентного проведения закупок съедается необходимостью изменения проектных решений от блока к блоку, что создает и дополнительные издержки в период будущей эксплуатации. Возможно, выходом в сегодняшней ситуации может быть создание и регистрация в органах ядерного регулирования России реестра благонадежных производителей наиболее ответственного оборудования для АЭС с формированием цены по среднерыночному показателю. Подобный опыт практикуется в других странах. Убежден, что тогда вернутся и типовые решения и значительно сократятся сроки закупочных процедур.

— Что нужно улучшить, чтобы выйти на максимальную производительность? Вопрос касается

**и российской стороны как разработчика проекта и поставщика оборудования и индийской, в зоне ответственности которой находятся собственно строительно-монтажные работы.**

— Сегодня элементы, подходы поточного строительства возрождаются; примеры тому мы видим на Нововоронежской и Ленинградской АЭС, в Турции, Белоруссии. Но это в основном монтаж металлоконструкций высокой степени сборки. Опыт советской эпохи сегодня изучен, по возможности его применяют.

Нужна унификация в комплектации оборудования: курс на эту политику, закупку серий оборудования, озвучен в отрасли, и полагаю, что при серийном заказе максимальная унифицированность и ритмичность поставок могут быть обеспечены. Мы способны всесторонне учесть имеющийся исторический и сегодняшний опыт и отразить его в проекте. Но для соответствующего воплощения этого проекта нужно развивать способность в целом сообщества строителей, проектировщиков, промышленности, монтажных организаций масштабно и комплексно осмысливать стройку.

Особенно важно наращивать технические возможности монтажных организаций, ориентируя их на отраслевую специализацию. В 1980-е годы монтажники обладали мощными техническими отделами, управлениями — многие вопросы оптимизации (например, блочного укрупнения — важнейшей задачи, позволяющей ускорять монтаж) на уровне проекта

**«Важная предпосылка поточного строительства — возможность изначально запроектировать многоблочную станцию с единым титулом. Метод потока предполагает развитую индустрию вокруг площадки сооружения АЭС, и на сооружаемых сегодня двухблочных станциях его эффективность менее очевидна»**

— Можно ли сказать, что «Куданкулам» — это история успеха?

— Безусловно, но этот успех не был простым. Начало сотрудничества в области мирного атома уходит еще в конец 1980-х, в эпоху тесного сближения наших стран, советско-индийской дружбы. Успехи советской атомной отрасли привлекли внимание всего мира, но решение о работе принималось долго — наши партнеры вначале убедились, что мы действительно освоили серийное строительство блоков ВВЭР-1000, что начали эксплуатировать АЭС на Украине и в РСФСР, что блоки работают стабильно, эффективно и безопасно. Затем произошли рыночные изменения, распад страны, экономический кризис. Но важнейшим аргументом в пользу того, что России можно доверять как преемнице СССР, стала достройка и техническая поддержка АЭС, которые Советский Союз построил за рубежом, а также возобновление строек и всей цепочки атомной индустрии на территории России.



разрабатывали самостоятельно, далее утверждая их у проектировщиков и выходя на их реализацию. Руководитель стройки, с которым такие решения заранее согласовывались, определял и обеспечивал наличие площадок, механизации, логистическую схему, график. Проектировщики принимали предложения от монтажников, фиксировали в проекте. Сегодня монтажники — это, как правило, лишь исполнители проектных решений.

— Что поможет развертыванию поточного строительства в Индии?

— Важная предпосылка поточного строительства — возможность изначально запроектировать многоблочную станцию с единым титулом. Метод потока предполагает развитую индустрию вокруг площадки сооружения АЭС, и на сооружаемых сегодня двухблочных станциях его эффективность менее очевидна, поскольку затраты на развертывание необходимой индустриальной инфраструктуры все-таки весьма значительны.

Я на протяжении многих лет рассказывал нашим партнерам в Индии о преимуществах поточного метода. И мы, и заказчик имеем понимание, что для этого в Республике, которая выбрала путь самостоятельного строительства и пуска наладки, структура отрасли должна быть донстроена. В стране есть потенциал для становления мощных монтажных организаций, и теперь там должны появиться специализированные атомные монтажные компании. Полагаю, необходима и единая отраслевая пусконаладочная организация — аналог нашего «Атомтехэнерго»; в настоящее время пуск блоков производится структурой, аналогичной советским ЦНИО, (цех наладки и испытания оборудования) — то есть близко к хозяйственному способу.

Если будет принято решение проектировать и строить сразу шестиблочную станцию, это даст максимальное экономическое преимущество. Индия очень последовательно, вдумчиво и не спеша идет по пути развития атомной энергетики, и принятие решений очередями по два блока можно понять. Но несомненно, что потребности в энергетике у огромного населения этой страны весьма значительные. Общественность тоже в целом приняла и оценила возможности мирного атома. Если на АЭС «Куданкулам» мы лишь некоторые решения реализовали как единые для второй и третьей очередей, что позволило оптимизировать экономику, то на ожидаемой второй площадке мы сможем использовать возможности единого титула по максимуму. Уже когда первые блоки «Куданкулам» начали действовать, наши партнеры убедились в правильности такого подхода и стали внимательно рассматривать перспективы многоблочной АЭС. В переговорах по новой площадке заказчик не исключает проект единой шестиблочной АЭС. Вопросы экономии капитальных вложений и сокращения сроков сооружения, а в конечном итоге снижения стоимости киловатт-часа электроэнергии находят понимание.



## На фото

Отгрузка с «Атомаша» парогенератора для блока №4 АЭС «Куданкулам»

Когда стали достраиваться и запускаться блоки Волгодонской, Калининской АЭС, этот процесс привлек международное внимание, площадки неоднократно посещали индийские делегации. Для нас в 1990-х и начале 2000-х стройки АЭС в Китае, Индии, Иране стали одной из важнейших вех для сохранения отрасли. Очень важно, что развитие продолжили проектные, научные, производственные организации. У нас сохранились кадры: если бы отраслевой комплекс сосредоточился лишь на поддержке действующих блоков, квалификация и потенциал проектировщиков могли быть утеряны. Я уже не говорю о промышленном атомном комплексе. Но этого не произошло, благодаря доверию наших партнеров, а также, безусловно, решению российского руководства развивать атомную энергетику и внутри России.

— Какова специфика работы с индийскими партнерами?

— Индия самобытная, суверенная во всех аспектах страна. Жизненный уклад там — это высокая степень демократии, что объясняется историческими и национальными особенностями. Это проявляется и в развитии атомной энергетики: возможность работать на этом рынке первыми получили мы, тогда как европейцы и американцы еще подобного результата не достигли. Конкуренция на индийском атомном рынке весьма жесткая, в ход идут и политические механизмы. Есть свои особенности рынка строительных, монтажных услуг — крупных компаний немного, в силу высокой конкуренции рынка они предпочитают диверсификацию и компактность. Отчасти по этой причине и строительство объектов, и выделение новых площадок идет дольше, чем рассчитывают стороны.

— Расскажите о технических особенностях проекта АЭС «Куданкулам».

— Проект, который был реализован в Индии, уникален во многих аспектах — впервые были применены пассивные системы отвода тепла от реактора, системы повышенного объема запасов боросодержащей воды для подачи в активную зону реактора. Реализована система быстрого ввода бора, которая позволяет гарантированно остановить реакцию, если штатные активные системы не сработали. Уникально сооружение водозабора — оно запроектировано так, что позволяет избежать необоснованных потерь биомассы: специальные технические решения позволяют отгонять рыбу и всю остальную богатейшую фауну и флору Индийского океана от водозабора и вновь возвращать их в океан. Все решения реализованы так, чтобы станции не были опасны цунами — проект учитывал эту угрозу еще до «Фукусимы», хотя, безусловно, и дополнительные постфукусимские требования были по итогам анализа той аварии выполнены.

— Как местное население относится к атомной энергетике?

— Преимущества российской атомной энергетики стали очевидны не сразу, доверие мы завоевали, лишь когда объект начал работу. Главным опасением местных властей и населения было возможное влияние на экологию. Это объяснимо: далеко не все даже в странах с развитой ядерной энергетикой понимают ее безопасность. 10–15 микрорентген — это естественный фон, но обыватель, думая, что нормальный фон ноль, придет от этой цифры в ужас. Мы проходили это после Чернобыльской аварии, и в Индии подобные настроения тоже присутствовали. Но опять же, чтобы сохранить доверие, уверенность партнеров, мы даже в сложное время общественных протестов не покидали станцию, а поддерживали ее в безопасном состоянии (активная зона первого блока была уже загружена топливом, но полгода ожидала решение о физпуске, и наши специалисты контролировали все аспекты безопасности).

### «Наши главные аргументы в конкуренции с традиционной энергетикой — это высокие установленные единичные мощности и экологичность атомных станций»

Отдадим должное политической воле руководства страны и руководства атомной отрасли — решение о реализации проекта было доведено до конца. А дальше, когда первые блоки АЭС заработали, они закономерно получили доверие местного населения, и теперь «мобилизовать электорат» под предлогом

Строительство блока №3 АЭС «Куданкулам»

борьбы с атомной станцией не такая очевидная возможность. Главным опасением местных жителей было обеднение рыбного промысла — но ничего подобного не произошло. Как я говорил, водозаборные и водосбросные сооружения спроектированы и построены для минимизации воздействия на окружающую среду; все тепловые нагрузки на акваторию океана в норме.

Также в регионе появились высококвалифицированные рабочие места — важнейший аргумент для Индии, где занятость играет критически важное значение. Страна в целом получила мощный, надежный и экологически чистый источник электроэнергии. Развитие атомной науки, образования, соответствующих сервисов тоже импульс для всей экономики.

— Как полагаете, в чем решающие аргументы наших партнеров за сотрудничество, где наше ключевое преимущество?

— Это, прежде всего, экономические аргументы. Если на первой очереди стоимость электроэнергии не всегда была определяющим фактором, а многочисленность персонала даже приветствовалась, то теперь именно показатель LCOE — один из определяющих. Остальные аргументы — такие как надежность проекта, надежность нас как технологического и бизнес-партнера, экологические преимущества — доказаны

действующей первой очередью АЭС. Активно идет строительство блоков 3 и 4, и начал основной этап сооружения третьей очереди. Ожидаем принятия решения по второй площадке.

На этой площадке мы и хотели бы дать возможность проявиться всем преимуществам серийного строительства. Не секрет, что атомной генерации с учетом значительных капитальных вложений, в том числе в безопасность объекта, непросто конкурировать в стоимости с традиционной энергетикой, есть конкуренция и со стороны возобновляемых источников. Наши главные аргументы — это высокие установленные единичные мощности и, безусловно, экологичность атомных станций. Российская атомная отрасль во всем мире доказала, что мы способны превосходить других вендоров и даже видим, что наши крупнейшие конкуренты отходят из строительства объектов под ключ, сосредотачиваются лишь на поставке оборудования ядерного острова; объекты строятся долго и существенно дороже первоначально планировавшихся затрат. Это преодолевается через серийность, планирование многоблочных станций с единым титулом и максимально четкую организацию строительства. В целом, даже выступая партнерами по проектированию и поставке оборудования, мы обладаем способностью разработать проект и оказать всестороннюю консультационную помощь индийской стороне для того, чтобы стройка велась максимально эффективно.

