



В МИРЕ

## Станция по требованию

Строительство АЭС «Ханхикиви-1» в Финляндии — прекрасная возможность для Росатома построить в проатомно настроенной стране Евросоюза первый энергоблок с реактором ВВЭР-1200 по проекту АЭС-2006. Сегодня над ним активно трудятся обе стороны: педантичные финны требуют доработки проекта с учетом евростандартов и национальных норм, а изобретательные русские пытаются найти оптимальные технологические решения, чтобы не выйти за пределы контрактных обязательств по стоимости. Специалисты АО «Атомпроект» уже учли часть требований финского надзорного органа STUK: прежде всего изменения коснулись систем безопасности, компоновки зданий и помещений. Впереди — сертификация материалов для изготовления оборудования. Этот процесс уже стартовал.

«Русатом Оверсиз» и финская Fennovoima подписали контракт на сооружение АЭС «Ханхикиви-1» в 2013 году. И сразу стало ясно, что проект надо будет дорабатывать под национальные стандарты Финляндии в сфере ядерной безопасности, а также общестроительные нормы и правила. «Это не капризы финнов, время диктует новые правила», — говорит Владимир Рогожкин из «Атомпроекта», выступающего генеральным проектировщиком АЭС «Ханхикиви-1».

Специалисты вспоминают, что при строительстве АЭС «Ловииса» в Финляндии (еще во времена СССР) таких проблем не было — заказчик согласился принять нормы и правила советской атомной промышленности. Аналогично складывалась ситуация при строительстве первой очереди Тяньваньской АЭС в Китае, несмотря на то что в целом Китай сегодня ориентирован скорее на американские стандарты в сфере промышленности.

Однако в Евросоюзе все страны придерживаются общего подхода — ориентации на европейские нормы и правила. А в Финляндии местные требования по целому ряду пунктов даже жестче, чем подходы ЕС. При этом финский надзорный орган STUK приобрел существенный негативный опыт на проекте АЭС «Олкилуото» и наверняка использует его при работе с российскими компаниями.

Сегодня уже ясно, что приведение проекта в соответствие с требованиями финской стороны повлечет за собой удорожание отдельных его элементов — это признают в «Атомпроекте». «Финский проект будет немного другим (в отличие от ЛАЭС-2. — Прим. ред.). Но в финансовом отношении нам удастся уложиться в контрактные обязательства», — заверил журналистов на форуме поставщиков «Атомекс» генеральный директор «Атомпроекта» Сергей Онуфриенко.

### ПЕРЕКРОЙКА

«Финская нормативная база очень жесткая. В какой-то степени она соответствует европейским требованиям и нормам МАГАТЭ, но есть много особенностей», — говорит главный инженер проекта АЭС «Ханхикиви-1»

### СПРАВКА

#### СПРАВКА



Решение о сооружении шестого по счету атомного блока в стране приняли в октябре 2011 года. Определились с местом размещения — мыс Ханхикиви в районе Льюхьяйоки провинции Северная Остроботния (на берегу Ботнического залива, примерно в 100 км к югу от Оулу). Контракт о сооружении АЭС «Ханхикиви-1» компании «Русатом-Оверсиз» и финская Fennovoima подписали в конце декабря 2013 года. Вместе с контрактом на строительство АЭС был заключен 10-летний контракт на поставку

Иван Грабельников. По его словам, проект АЭС-2006 пришлось буквально переписать, сохранив только решения по основным технологическим системам и, в значительной степени, по системам безопасности. Например, внесено много изменений с точки зрения компоновочных решений. В части реакторной установки, ее вспомогательных систем и систем безопасности отличия от базового проекта составляют около 10%. Также существенно различаются вспомогательные электротехнические и вентиляционные системы. Впрочем, если какие-то изменения увеличивают стоимость проекта в целом, то ряд корректировок будет направлен на его удешевление.

Вот несколько примеров. Не секрет, что финны любят комфорт и много воздуха в архитектуре. Этот факт нашел отражение в проекте. «Мы увеличили ширину проходов, расстояние между оборудованием, высоту пустого пространства над оборудованием для проведения плановых обследований и ремонтов — все это обусловлено специфическими финскими требованиями к созданию комфортных условий труда», — говорит И. Грабельников. Кроме того, заказчик потребовал обеспечить дополнительное пространство в зданиях, помещениях, предназначенных для электрических систем и систем контроля управления. Это нужно в том числе для подтверждения осуществимости дальнейшей модернизации этих систем, для удобства эксплуатации и возможности замены оборудования. Также на размеры зданий, сооружений, помещений повлияли параметры воздуха и охлаждающей морской воды по сравнению с базовым вариантом проекта. Это было обеспечено за счет увеличения производительности вспомогательных систем — вентиляции, отопления и им подобных.

Минимизация численности оперативного персонала — еще одно принципиальное требование заказчика. Дело в том, что финны достаточно большой объем функционала передают на аутсорсинг. Таким образом, в финском проекте отсекается много вспомогательных объектов и сооружений, которые есть на российских станциях. «АЭС „Ханхикиви-1“ будет менее „населенной“, чем все наши действующие станции и чем проект АЭС-2006», — констатирует И. Грабельников. Жесткие требования к количеству персонала связаны со стремлением сэкономить на эксплуатационных расходах. Но это палка о двух концах — тогда технологические процессы на АЭС должны быть в высокой степени автоматизированы, а значит, потребуют повышенных капитальных затрат на СКУ и специальной подготовки сотрудников.

Финская нормативная база отличается от российской и в плане подхода к обеспечению безопасности, что потребовало пересмотра вопросов резервирования и дополнительных обеспечивающих систем. К примеру, российские действующие станции, которые строятся по проекту АЭС-2006, оснащаются шестью аварийными дизелями, а на АЭС «Ханхикиви-1» их будет десять, причем разной мощности. Что касается энергоснабжения, то здесь финны и русские пришли к соглашению: в проекте используют два основных трансформатора, два резервных трансформатора и турбогенератор — так же как на ЛАЭС-2.

топлива с компанией ТВЭЛ. В январе 2015 года правительство России внесло проект строительства АЭС «Ханхикиви-1» в перечень самокупаемых инфраструктурных проектов, софинансируемых Фондом национального благосостояния. Максимальный объем средств ФНБ, направляемых на его реализацию, составляет эквивалент 2,4 млрд евро в рублях, но не более 150 млрд рублей. Фонд в марте нынешнего года перечислил на проект строительства станции первый транш в размере 57,5 млрд рублей. По плану производить электроэнергию станция начнет в 2024 году.

## КОНТЕКСТ

STUK: помощник,  
защитник, исследователь

Атомная сауна

На пути к порядку

Fennovoima:

структурный продукт



### АЭС «Ловииса»

2 блока  
ВВЭР-440

92,6%

коэффициент использования установленной мощности АЭС «Ловииса-1»

1977

пуск 1-го блока

1980

пуск 2-го блока

МОЩНОСТЬ

510 МВт\*

\* В результате модернизации 1997-2002 годов мощность увеличена с первоначальных 440 МВт до 488 МВт, а в 2010-е — и до 510 МВт



### АЭС «Олкилуото»

2 блока  
BWR  
производят

<16%

потребляемой в Финляндии электроэнергии

1978

пуск 1-го блока

1980

пуск 2-го блока

2003

начало работ по 3-му блоку

МОЩНОСТЬ

840 МВт\*

\* В ходе двух реконструкций 1984 и 1998 годов мощность реакторов была повышена с первоначальных 660 МВт до 710 и 840 МВт соответственно

В октябре 2003 года в стране приняли решение о сооружении третьего энергоблока на АЭС «Олкилуото»: TVO объявила, что выбран реактор EPR консорциума Framatome ANP (совместного предприятия французской компании Framatome и германского концерна Siemens AG), а в декабре, после официального закрытия тендера, подписала контракт стоимостью 3 млрд евро. Однако проект преследуют неудачи. Сроки его завершения все время сдвигаются, а смета выросла уже в несколько раз. Предполагалось, что энергоблок будет введен в эксплуатацию в 2010 году. Однако скептики считают, что реактор не будет запущен ранее 2018 года.

## ЗАЩИТА ПО РИХТЕРУ

Отдельные элементы проекта были пересмотрены в связи с климатическими условиями и вероятностными внешними

воздействиями. В Финляндии, по сообщению местных СМИ, только в прошлом году зафиксировано 61 землетрясение. Сила самого мощного — в местечке Пуоланка, в регионе Кайнуу — составила 2,3 балла по шкале Рихтера. Эпицентр землетрясения находился у озера Калхамаярви, недалеко от Пуоланка. Пусть оно по энергии в 35 миллионов раз меньше, чем землетрясение близ Японии в марте 2011 года (таких землетрясений во всем мире происходят сотни и тысячи в год). Тем не менее предусмотрительные финны выдвинули множество требований к обеспечению сейсмической устойчивости, которые касаются практически всех систем АЭС.

Справедливо будет отметить, что и без усилий финского заказчика проектные институты Росатома постоянно занимаются совершенствованием средств безопасности. Ведь современные и высокоэффективные системы защиты — одно из базовых требований большинства заказчиков в мире.

Так, если в серийном проекте ВВЭР-1000 были применены трехканальная структура систем безопасности, одинарная защитная оболочка и упрощенный вариант устройства локализации расплава, то в АЭС-2006 уже использовали четырехканальную структуру системы безопасности, двойную защитную оболочку, а также средства для управления тяжелыми авариями — «ловушку расплава» и дожигатели водорода. «Все решения были рассчитаны на повышенную сейсмоустойчивость», — докладывал на форуме «Атомекс» начальник тепломеханического управления «Атомпроекта» Константин Ильинский. Но финнам этого оказалось недостаточно. В итоге проектировщики значительно увеличили характеристики внешних воздействий, определенных как экстремальные. Основным условием стало падение тяжелого коммерческого самолета массой до 400 тонн. В базовом расчете проекта АЭС-2006 использован самолет с меньшей массой. В российских проектах падение тяжелого самолета специалисты считают избыточным условием, поскольку у нас в стране АЭС не строят вблизи воздушных трасс. «Только некоторые строящиеся атомные станции рассчитаны на падение тяжелого самолета — европейский EPR, по которому сооружаются третий блок АЭС «Олкилуото» и третий блок во Франции, на Фламанвиле», — приводит примеры И. Грабельников.

Что касается внешних воздействий природного характера, то в финском проекте усилили сейсмическую нагрузку с пиковым горизонтальным ускорением 0,35 G. Это приблизительно соответствует 8–9-балльным нормированным уровням. В результате всех требований увеличились толщина стен и устойчивость конструкций ядерного острова. Также финны предъявили более строгие требования к проектному сроку службы конструкции, увеличив его с 60 до 100 лет.

## Эволюция проекта ВВЭР

РАЗРАБОТЧИК РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ:  
ОКБ «Гидропресс», г. Подольск. С 1955 года по настоящее время.

<b>ВВЭР-440</b> ПЕРВЫЙ ПУСК: 1971 г. 3–4 блока НВ АЭС (первый серийный ВВЭР) ГЕОГРАФИЯ: Россия, Украина, Словакия, Чехия, Финляндия, ГДР, Болгария, Армения	<b>32 %</b> КПД (брутто) <b>70 % КИУМ</b> <b>30 лет</b> срок службы незаменимого оборудования	<b>1375 МВт</b> тепловой мощности <b>23 блока</b> ВВЭР-440 построен в мире	<b>65</b> МВт-сут/ кг U максимальная глубина выгорания <b>126</b> ТВЭЛов в кассете
--	---	---	--

<b>ВВЭР-1000</b> ПЕРВЫЙ ПУСК: 1980 г. 5 блок НВАЭС (В-187) ГЕОГРАФИЯ: Россия, Украина, Болгария и Чехия	<b>33 %</b> КПД (брутто) <b>80 % КИУМ</b> <b>40 лет</b> срок службы незаменимого оборудования	<b>3000 МВт</b> тепловой мощности <b>33 блока</b> ВВЭР-1000 эксплуатируется в мире <b>60</b> МВт-сут/ кг U максимальная глубина выгорания	<b>Отличия от ВВЭР-440:</b> <b>&lt;1,65</b> раза объем активной зоны <b>&lt;1,3</b> раза увеличение удельной энергонапряженности <b>312</b> ТВЭЛов в кассете
---	---	---	--

<b>ВВЭР-1000</b> улучшенный, СПБ АЭП ПЕРВЫЙ ПУСК: 2007 г. 1–2 блока Тяньваньской АЭС ГЕОГРАФИЯ: Россия, Китай	<b>АЭС-91</b> улучшены параметры безопасности и технико-экономические характеристики Впервые применена «ловушка расплава активной зоны»	Идеология систем безопасности в существенной части соответствует европейским нормам. Все события уровня вероятности выше 10 в степени минус 8 в проекте рассмотрены, проанализированы,	систематизированы, для всех предусматриваются соответствующие управленческие действия. На основе анализа определены требования к оборудованию, контейменту, проходкам, шлюзам и т. д.
--	---	--	---

<b>ВВЭР-1200 (АЭС-2006<sup>®</sup>)</b> ПЕРВЫЙ ПУСК: 2016 г. 1–2 блока ЛАЭС-2 ГЕОГРАФИЯ: Россия, Белоруссия, Венгрия, Финляндия, Вьетнам, Египет <b>6 блоков</b> сооружаются <b>3 блока</b> проектируются	<b>35,9 %</b> КПД (брутто) <b>90 % КИУМ</b> <b>60 лет</b> срок службы незаменимого оборудования <b>3200 МВт</b> тепловой мощности <b>70</b> МВт-сут/ кг U максимальная глубина выгорания	<b>Особенности проекта:</b> — Улучшенные эксплуатационные характеристики за счет использования апробированных технических решений и референтного оборудования; — рациональная конфигурация систем безопасности с применением активных и пассивных элементов обеспечивает высокий уровень безопасности, в том числе и при запроектных авариях; — улучшенные характеристики оборудования и систем за счет снятия избыточного консер-	ватизма и оптимизация проектных запасов; — снижение капитальных и эксплуатационных затрат за счет: — серийного оборудования и сокращения номенклатуры оборудования; — оптимизации решений по обращению с РАО и ОЯТ; — усовершенствования технологии ремонтных работ; — оптимизации численности персонала. — минимизация количества производственных отходов, особенно радиоактивных.
---	---	---	--

<sup>®</sup> Проект «Атомпроекта», СПБ

## РАБОТА В РАЗГАРЕ

Первая часть работ по подготовке к сооружению АЭС «Ханхикиви-1» завершилась 15 октября: заказчику сооружения станции — компании Fennovoima сдана подъездная дорога к площадке АЭС. Дорогу к месту будущей АЭС на мысе Ханхикиви, в районе Пюхяйоки, с сентября 2014 года строила компания Suomen Maastorakentajat Oy, с которой Fennovoima заключила контракт. Построены около четырех километров пути с двумя полосами движения, водопровод для обслуживания площадки станции, пешеходная и велосипедная дорожки, мост.

Специалисты «Атомпроекта» участвуют в процедуре контроля исполнения и технической приемке работ. До конца года проектный институт передаст заказчику большую часть документов по архитектурным, технологическим решениям, компоновке площадки, системам водоснабжения, отведениям и электрификации. Также предстоит завершить предварительный отчет по обоснованию безопасности PSAR (Preliminary Safety Analysis Report). По словам С. Онуфриенко, работа над документом сейчас в самом разгаре. Несколько его глав направлены заказчику на согласование, другие готовятся к передаче заказчику и затем — в финский надзорный орган. В целом работу над документом планируется завершить в следующем году. «Постоянное взаимодействие с европейскими заказчиками помогает нам понять требования, более детально их изучить и найти лучшее решение с точки зрения как безопасности, так и экономической эффективности», — говорит С. Онуфриенко.

Кроме того, в октябре стартовали работы по углублению дна портового бассейна, из которого будет отбираться охлаждающая вода для АЭС «Ханхикиви-1». По сообщению компании Fennovoima, углубление дна необходимо, чтобы обеспечить достаточный объем воды для охлаждения активной зоны реактора АЭС. Контракт на выполнение этих работ заключили генеральный подрядчик строительства АЭС «Ханхикиви-1» российский концерн «Титан-2» и финский субподрядчик Wasa Dredging Oy. За пять-шесть недель предстоит извлечь в общей сложности 200 тысяч кубометров грунта. Субподрядчиков для других работ по водоснабжению будущей АЭС, в частности для строительства береговых водозаборных сооружений, планируется выбрать весной 2016 года.

## МАТЕРИАЛ НА ЭКЗАМЕН

В настоящее время проектировщики решают вопросы, касающиеся материалов для изготовления реакторной установки и другого оборудования. «Сегодня ведется работа по определению того объема, в котором будут использоваться российские материалы; для их применения на территории Финляндии потребуется получить соответствующие разрешения», — говорит К. Ильинский. Представители Fennovoima, которая будет осуществлять строительство и эксплуатацию АЭС «Ханхикиви», уже проводят проверку российских производителей оборудования для АЭС. По словам директора по качеству Волгодонского филиала АО «АЭМ-технологии» Юрия Этингена, аттестация финским регулирующим органом STUK всех субпоставщиков материалов и комплектующих, участвующих в производственном процессе, — одна из сложнейших задач.

Редакция журнала попросила ключевых участников строительства АЭС «Ханхикиви-1» рассказать о трудностях реализации росатомовских проектов за рубежом.

---

## КОММЕНТАРИИ ЭКСПЕРТОВ



**Александр КАЗАРИН,**  
*заместитель генерального директора  
— директор отделения технологии  
ВВЭР, «Атомпроект»:*

— В 2008 году проект АЭС 2006 с реактором ВВЭР-1200 был выбран для участия в тендере на сооружение шестого блока в Финляндии, прошел предварительный квалификационный отбор финского надзорного органа.

Следующей ступенью было участие проекта, правда под маркой МИР-1200, в тендере на сооружение третьего и четвертого блоков АЭС „Темелин“ в Чехии. К сожалению, тендер по АЭС „Темелин“ был отменен, но подготовленное тендерное предложение легло в основу российского предложения для проекта АЭС „Ханхикиви-1“ в Финляндии и для проекта АЭС „Пакш-2“ в Венгрии, контракты на сооружение которых были подписаны в 2013 и 2014 годах соответственно.

Сейчас идет адаптация наших проектов к требованиям европейской

нормативной базы. В частности, мы должны учитывать условия расширенного проектирования, аварию с наложением дополнительных отказов, экстремальное внешнее воздействие, требования к независимости и разнопринципности уровней защиты в глубину. Реализация этих требований иногда приводит к появлению дополнительного оборудования, но мы аргументированно доказываем нашим уважаемым заказчикам и надзорным органам, что те средства, которые уже сейчас заложены в проекте, удовлетворяют необходимым критериям безопасности. Хотя, конечно, уже понятно, что, например, для АЭС „Ханхикиви-1“ в Финляндии появится дополнительное электротехническое оборудование: дизель-генераторы, трансформаторы. Это связано с достаточно жесткими требованиями заказчика.

Проект, который будет реализован на финской площадке, разрабатывается в полном соответствии с требованиями европейских нормативных документов и заказчика. Могу с полной уверенностью сказать, что появляется новая модификация проекта, новая линейка, которую мы пока условно назвали ВВЭР-1200Е. Буква Е означает Eugene, то есть проект будет лицензирован и использован на потенциальных европейских площадках. Этот проект будет удовлетворять всем действующим российским и международным требованиям к безопасности, требованиям МАГАТЭ. Что касается требовательности финнов — это нормально. К слову, российский заказчик не менее требователен.

Проект АЭС „Пакш-2“ будет выполнен в полном соответствии с венгерской нормативной базой и с венгерским законодательством. Применительно к этой АЭС мы разработали необходимые концептуальные документы — я имею в виду концепцию безопасности, концепцию управления — и на базе этих документов приступили к выполнению Basic Design и отчета по обоснованию безопасности.

Если сравнивать венгерский и финский проекты, то требования, основанные на европейском законодательстве, во многом похожи. Я думаю, что построение систем безопасности будет одинаковым.

Есть различия в требованиях к системам безопасности. В целом наш подход встречает понимание в финском надзорном органе, но наверняка в проекте все же появится дополнительное оборудование. Например, резервные дизель-генераторные установки. Или реализация средств контроля и управления может быть построена на другом принципе. Надеемся, что решения, разработанные для финского проекта, будут приняты и венгерским регулятором.

При проектировании АЭС „Пакш-2“ и АЭС „Ханхикиви-1“ специалисты должны учитывать больше десяти тысяч разных требований заказчика. В странах с развитой атомной энергетикой обычно так и бывает: заказчик четко знает, чего он хочет. Это очень хорошо, потому что требования изложены очень конкретно. Все они прописаны в приложениях к контракту.

Важно отметить, что серийность проектов выгодна не только поставщику, но и заказчику, так как она позволяет существенно уменьшить сроки, а иногда и стоимость проекта. Серийность также повышает лицензируемость проекта, референтность принятых в нем решений, что благотворно сказывается на защите проекта в надзорных органах. Дальнейшему снижению стоимости и сроков проектирования могла бы способствовать унификация проектных решений для различных площадок, например, для АЭС в европейских странах. Этого можно достигнуть, например, путем вовлечения проектировщиков и владельцев технологий в процесс формирования требований заказчиков по мере появления новых объектов.



**Александр ЗМИХОВСКИЙ,**  
**замдиректора Программы по**  
**строительству АЭС «Ханхикиви-1»,**  
**«Титан-2»:**

— Мы продолжаем проводить изыскания на площадке по заказу проектировщиков „Атомпроекта“ для стадии Basic Design. Полевые работы проводят наши финские субподрядчики. Основная проблема — несовпадение финских и российских норм проведения изысканий. К изысканиям с финской стороны не было никаких требований — скорее их предъявляли российские проектировщики. Решаем вопросы в процессе проведения изысканий. В Финляндии кроме норм МАГАТЭ и Евросоюза есть свои нормы в области атомной энергетике, которые разрабатывает уполномоченный орган STUK.

Он считается одним из самых сложных регулятивных органов в Европе. Нормы объединены в YVL Guide, они постоянно совершенствуются, в том

числе и по мере приобретения опыта в строительстве „Олкиуото-3“, которую строит в Финляндии Areva (Франция). Учет этих норм может повлечь за собой увеличение требований безопасности и соответственно — увеличение габаритов зданий, а значит, и стоимости. Кроме того, STUK очень долго и скрупулезно сертифицирует материалы и оборудование — до 1,5 лет по некоторым позициям. Поэтому очень важно планирование строительства.



**Владимир РОГОЖКИН,**  
**кандидат физико-математических наук,**  
**ведущий специалист АО «Атомпроект»:**

— Один из специфических вопросов проекта АЭС „Ханхикиви-1“, — требующих безотлагательного решения, материалы. Выбор материалов любой энергетической установки определяется, в первую очередь, параметрами рабочих сред технологических систем. Параметры рабочих сред АЭС европейских проектов не совпадают с российскими, типоразмеры труб также различаются. Настойчивые требования финской стороны применять в основном евроматериалы не учитывают этой специфики. Поведение российских материалов в средах российских же проектов хорошо изучено. А вот как поведут себя изделия из европейских материалов в российских рабочих средах — этот вопрос требует срочного ответа, доказательного для регулятора STUK, то есть подтвержденного прямыми экспериментами и техническими отчетами.

Второй открытый вопрос: какие именно сварочные материалы применять для сварки европейских и российских труб, фитингов, трубопроводной арматуры и оборудования технологических систем, чтобы обеспечить равнопрочность и бездефектность сварных стыков?

Третий вопрос — о контроле металла. Как изменятся таблицы контроля, если использовать евро нормы, а не ПНАЭ? Какими будут „рискоориентированные“ программы предэксплуатационного и эксплуатационного контроля?

И наконец, о референтности и рисках. Референтность наших материалов для АЭС превышает 30 лет. А вот референтность работы в составе каких-либо АЭС труб, фитингов и металлопроката, рекомендуемых заказчиком, никому неизвестна. Подобные замены материалов чреватые неоправданными рисками для проекта АЭС. Выбор заказчиком проекта энергоблока АЭС-2006 в качестве референтного предполагает, исходя из требований обеспечения безопасности и надежности, преимущественное использование референтных же технологий и материалов. Необходимо убеждать заказчика в правильности наших проектных решений и, если необходимо, обучать нашим принципам проектирования и выбора материалов.

Проект АЭС „Ханхикиви-1“ — первый проект Росатома, который проектируется не по ПНАЭ, а по финским гармонизированным евро нормам. Российским специалистам необходимо в кратчайшие сроки аттестоваться на знание евро норм, используемых ими в работе, получить признаваемые в ЕС сертификаты, чтобы на равных общаться с иностранными регулирующими органами. Недавно, по инициативе нашего института, я и мой коллега прослушали специальный курс лекций о европейской нормативной базе, были аттестованы в качестве международных инженеров по сварке и получили соответствующие сертификаты от Международного института сварки.

Отмечу, что перечисленные проблемы не новы для специалистов Росатома — вспомните АЭС „Бушер“, где были массово и успешно интегрированы в российский проект изделия и полуфабрикаты, изготовленные из немецких DIN-материалов. Тогда АСЭ удалось согласовать с иностранным заказчиком концепцию „головных организаций проекта“: по материалам (ЦНИИ КМ „Прометей“ и ЦНИИТМАШ), по насосам (ОКБМ), по теплообменному оборудованию (ЗИО). Специалисты этих предприятий могли „с лету“ доказывать представителям заказчика целесообразность своих технических решений, решать вопросы применения импортных материалов и оборудования непосредственно на площадке. Считаю также актуальным для Росатома разработку проекта АЭС, инвариантного относительно применяемых основных и сварочных материалов России, ЕС и США.

**Елена КОЛОСОВА,**  
**директор по развитию, Компания К4:**

— Финские требования к системе управления сооружением АЭС — одни из самых высоких в мире. Речь идет не просто о наличии графиков, но о требованиях к календарно-сетевым графикам разных уровней, сформулированных в приложении к ЕРС-контракту, включая



трудозатраты, стоимость, кодирование работ по KKS и многие другие. Кроме того, генеральный подрядчик должен разработать и представить Schedule Management Plan — документ, подробно описывающий процедуры планирования, мониторинга и отчетности, источники формирования исходных данных для составления и актуализации, алгоритмы расчета показателей выполнения для различных предметных областей проекта

(СМР, проектирование, поставки и так далее).

И самая главная цель Schedule Management Plan — чтобы графики разрабатывались не для „галочки“. Обсуждения сроков, анализ ситуации и предлагаемых организационно-технологических решений выполняются на основе регулярно актуализируемых календарно-сетевых графиков.

Компании K4 удалось обосновать избыточность первоначальных требований, что подтверждает: профессиональный диалог позволяет выбирать рациональные решения, когда все стороны заинтересованы в результатах проекта. Мы смогли привнести новое качество управления за счет применения технологий визуального планирования, расширяющих возможности применения календарно- сетевого графика. Анализ предложенных строительно-монтажных технологий, схемы механизации становится более наглядным, а значит, решения — более продуманными и обоснованными. Кроме того, расчет продолжительности работ на основе разработанной базы норм по комплексным строительным процессам упростил процедуру оценки и согласования продолжительности работ комплексного укрупненного сетевого графика.

При выборе исполнителей основной упор делается на уровень профессионализма и соблюдение требований заказчика. Представители STUK и Fennovoima Oy посещают всех участников проекта. В течение нескольких дней проводится контроль всех процедур, системы менеджмента качества, ресурсного планирования и квалификации персонала. Заинтересованный разговор позволяет исполнителям лучше понять требования заказчика, а заказчику — сделать обоснованный выбор исполнителей. Может быть, это более трудоемко, чем ценовое сравнение конкурсных предложений, но такая процедура в конечном счете приводит к лучшему качеству реализации проекта.

Опыт применения технологий проектного управления вообще и календарно-сетевого планирования в частности (он будет углублен и расширен в результате реализации проекта АЭС „Ханхикиви-1“) станет хорошей базой для осуществления планов зарубежного строительства Росатома.



**Сергей ЩУЦКИЙ,**  
**заместитель генерального директора —**  
**технический директор ЦКБМ:**

— В апреле мы участвовали в семинаре, проводившемся „Русатом Оверсиз“ и Fennovoima, посвященном особенностям и требованиям заказчика этого проекта. В июне проектанты блока „Атомпроект“ презентовали особенности атомной станции, а наши

специалисты представили проект главного циркуляционного насосного агрегата (ГЦНА), который планируем применить в проекте АЭС „Ханхикиви-1“. Мы активно включились в работу, понимая, что перед подписанием договора на поставку нашего оборудования нам необходимо разобраться в требованиях иностранного заказчика к выполнению этого проекта. В конце сентября в ЦКБМ прошел первый аудит системы качества фирмой и надзорным органом STUK. В целом результаты аудита положительные, но коллеги отметили направления, в которых требуется совершенствование и приближение к обеспечению требований заказчика. В частности, система документации нуждается в доработке по требованиям евростандартов в разделах: культура безопасности, управление организационными изменениями, управление проектами, требования к выявлению коренных причин несоответствий и процедуры по менеджменту рисков. Были отмечены и плюсы: визуализация производственных процессов, большой опыт в изготовлении ГЦН, наличие документации и записей по контролю.

**Валерий КРЫЖАНОВСКИЙ,**  
**начальник департамента схем и автоматизации РУ ОКБ «Гидропресс»:**

— Невозможно в нескольких словах обозначить различия отечественной и европейской нормативной базы. Требования нормативных документов различных стран в разной степени отличаются друг от друга. Специалисты ОКБ „Гидропресс“ детально знакомы с нормативной



документацией европейских стран: Финляндии, Венгрии, Чехии, некоторых других — и с уверенностью могут сказать, что базовые требования в Европе во многом схожи и соответствуют требованиям отечественных нормативов; в первую очередь они направлены на разработку, сооружение и эксплуатацию в максимальной степени безопасной АЭС. При этом в национальных требованиях имеются нюансы, учет которых

во многом предопределяет отличия в конечной реализации проектов, вплоть до необходимости конструирования новых систем — к примеру, введение системы аварийного снижения давления в проекте АЭС „Ханхикиви-1“ или разгрузочного клапана КД — в проекте АЭС „Пакш-2“. Одно можно сказать точно: проект АЭС-2006 показал значительную гибкость, он позволяет разрабатывать нормативную документацию и удовлетворять требования заказчика при сохранении основ конструирования и проектирования, которые мы называем „Технологией ВВЭР“.

Проект РУ для АЭС „Ханхикиви-1“, получивший индекс В-522, находится в стадии разработки. Прежде чем приступить к разработке проекта РУ В-522, специалисты ОКБ „Гидропресс“ провели огромную по объему и значимости работу: детально проанализировали все требования нормативной документации STUK, условия ЕРС контракта с применением элементов системы управления требованиями. Подготовлена ведомость проекта, в которой определена документация Технического проекта РУ. В рамках этой системы определены документы по каждому требованию заказчика. ОКБ „Гидропресс“ участвует в разработке материалов для проекта АЭС, разрабатывает главы и разделы PSAR в границах своей ответственности. Разумеется, разработка проекта ведется в тесном контакте с заказчиком.

Разработчики проекта АЭС „Ханхикиви-1“ — уникальные носители знаний и компетенций. Между участниками проекта, благодаря их профессионализму и желанию реализовать проект на высочайшем уровне, технических противоречий, как правило, не возникает. Основные проблемы носят организационный характер: они возникают при установлении договорных отношений между организациями. Кроме того, ряд трудностей вызывает отсутствие формализации в отношениях с заказчиком, отсутствие более тесного контакта с надзорным органом STUK.

Каждый заказчик уникален, взаимоотношения с ним формируются с учетом менталитета как заказчика, так и разработчиков проекта. Сравнить финского и китайского заказчиков было бы не вполне корректно. И те и другие проявляют профессионализм и компетентность при обсуждении технических вопросов, дают дельные предложения и высокого уровня комментарии, которые показывают наличие у них опыта и знаний в части овладения принципами конструирования и проектирования РУ и АЭС в целом по технологии ВВЭР. Поэтому специалисты ОКБ „Гидропресс“ могут сравнивать проекты АЭС „Ханхикиви-1“ и АЭС „Тяньвань“ только в технической части. Здесь, как уже говорилось, на проекты во многом влияют требования национальной нормативной документации и заказчика. Основное, что хотелось бы упомянуть: проект АЭС „Ханхикиви-1“ имеет расширенный набор систем, важных для безопасности, и расширенные проектные основы данных систем, определяющие характеристики их работы, требования к независимости, резервированию, объему выполняемых функций.



**Владимир КОЗЛОВ,**  
**советник генерального директора АО**  
**«Атомэнергомаш»:**

— Тяньваньская АЭС строилась через десять лет после тяжелой стагнации в отечественной промышленности. В это же время французская компания EDF строила стандартные блоки на площадках Дайа Бэй и Линь Ао. Более восьми лет ничего не строилось ни во Франции, ни за

рубежом. Постоянно возникали проблемы с качеством работ, дефицитом квалифицированных специалистов, а также задержки, связанные с несоблюдением сроков изготовления и поставки оборудования. В свою очередь мы на китайской площадке получили приблизительно в пять раз меньше несоответствий, чем на французском блоке. Это подтверждает, что наша система контроля, инжиниринг, управление проектом и качеством, лицензионная поддержка были в то время эффективны. У нас были несоответствия: проблемы с парогенераторами, трубными системами промконтур, трубопроводами пожаротушения. Но эти несоответствия в большинстве случаев были вызваны нарушениями условий транспортировки, хранения на складах площадки и монтажа; кроме того, они чрезвычайно оперативно анализировались, устранялись, а

для будущих поставок проводился комплекс превентивных действий. Все риски при строительстве мы прорабатывали. Ведь спорные вопросы возникают на этапе проектирования, рассмотрения проекта в органах надзора, одобрения проекта, согласования проектных решений.

Когда французская ядерная компания Areva приступила к сооружению на АЭС „Олкилуото-3“ реактора EPR-1600, перед ней встали не меньшие проблемы. И строительство пятого в Финляндии блока с самого начала столкнулось с множеством проблем. Финский регулятор практически сразу потребовал внесения доработок в проект, высказал претензии к качеству процессов производства основного оборудования и строительных работ на площадке.

Российской стороне необходимо прорабатывать и все административные риски. Нельзя игнорировать проблемы перевода документов на другие языки. На Тяньваньской АЭС мы вынуждены были создать специфический трехязычный словарь (русско-китайско-английский) применяемых в контракте специальных терминов. Переводчиков допускали к работе только после сдачи квалификационного экзамена по этому словарю. Это было дорого, долго, но эффективно. Та же история была при сооружении АЭС „Бушер“. Иранская сторона выдвинула колоссальные претензии по поводу неаутентичного перевода.

Конечно, коммерческих и репутационных рисков при реализации зарубежных атомных проектов очень много, особенно при строительстве АЭС в Европе. Но не в плане того, что наша промышленность не готова. Нет, она готова по многим параметрам, даже лучше, чем европейская. У нас и требования по качеству более жесткие, чем европейские (например, нормы оценки дефектности продукции при неразрушающем контроле).

Однако ключевой проблемой является изучение нашими специалистами европейских и международных норм, применяемых в атомной энергетике, например ASME International. Многие инозаказчики настаивают, чтобы мы соответствовали в каких-то определенных аспектах ASME, RCC или KTA. Это и стандарты, и сертификация, и аттестация, и применение — весь мир живет по этим нормам. Думаю, их прежде всего нужно перевести и изучить.

У нас основной и самый тяжелый риск в том, что мы заходим в новую административную процедуру. Мы только начинаем изучать все разрешения, которые уже давно приняты на европейском рынке, в Евросоюзе, которые знают и умеют применять все игроки. Нам нужна техническая поддержка для всех предприятий; нужна поддержка юристам, экономистам, которые бы готовили и контракты, и рекламации, и графики, и проекты с учетом технических и административных процедур, принятых на европейском рынке. Я не хочу сказать, что АЭС „Ханхикиви-1“ более сложный проект, чем, например, китайский. Он сложный с точки зрения административной, с точки зрения работы в Европе, где все нормативы установлены — бери, изучай, применяй и соответствуй. Нам нужно либо изучать европейские нормы, либо доказать, что свои не хуже, и тогда заниматься системой внедрения российских норм. Для разного вида оборудования применяются разные решения: есть путь доказательства высокого уровня отечественных норм и стандартов, а есть путь применения иностранных норм, но не нужно исключать путь улучшения наших норм до международного уровня».

**Светлана РОМАНОВА, Юлия ГИЛЕВА**

10.11.2015 

*АЭС «Ханхикиви-1», Финляндия, Росатом, ВВЭР-1200,  
проект АЭС-2006, АО «Атомпроект», STUK, «Русатом Оверсиз»,  
Fennovoima, Тяньваньская АЭС, АЭС «Ловиуса», АЭС «Олкилуото»,  
МАГАТЭ, Иван Грабельников, атомная нормативная база,  
ОКБ «Гидропресс», ВВЭР-440, ВВЭР-1200, EPR, Framatome ANP,  
сейсмоустойчивость АЭС, Suomen Maastorakentajat Oy, «Туман-2»,  
Wasa Dredging Oy, АЭС „Паки-2“, Александр Казарин,  
Александр Змихновский, Владимир Рогожкин, Елена Колосова,  
Сергей Шуцкий, Валерий Крыжановский, Владимир Козлов*

**КОММЕНТАРИИ 0**

**ВОЙДИТЕ** или **ЗАРЕГИСТРИРУЙТЕСЬ**, чтобы отправлять комментарии