

АТОМНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Корпоративное издание саморегулируемых
организаций атомной отрасли

№26

май-июнь

2016

СРО НП «СОЮЗАТОМСТРОЙ», СРО НП «СОЮЗАТОМПРОЕКТ», СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО»



**Современные
технологии атомной
отрасли**

В номере:

■ Тема номера

Лучшие практики саморегулирования.
Опыт развития отраслевой системы.

■ Практика

Основные тенденции развития технологий сооружений АЭС в России и за рубежом

■ Технологии

Multi-D - комплексная система управления сооружением сложных инженерных объектов

■ Технологии

Получение МОКС-топлива, как один из этапов замыкания ядерного топливного цикла (ЯТЦ)

■ Опыт

Два подхода в практике строительства АЭС за рубежом

АТОМНОЕ строительство

Редакционный совет:
Опекунов В.С. – **председатель**
Карина В.И.
Малинин С.М.
Семенов О.Г.
Толмачев А.В.
Чупейкина Н.Н.
Яковлев Р.О.

Корпоративное издание саморегулируемых организаций атомной отрасли (СРО НП «СОЮЗАТОМСТРОЙ», СРО НП «СОЮЗАТОМПРОЕКТ», СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО»)

Контакты:
119017, Москва, улица Большая Ордынка, дом 29, стр.1
Тел.: +7 (495) 646-73-20 (Доб. 397)
Факс: +7 (495) 953-73-43
E-mail: pressa@atomsro.ru

При перепечатке материалов ссылка на журнал «Атомное строительство» обязательна. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.
Публикуемые в журнале материалы, суждения и выводы могут не совпадать с точкой зрения редакции и являются исключительно взглядами авторов.

Основные тенденции развития технологий сооружения АЭС в России и за рубежом



Перед компаниями, занимающимися сооружением АЭС, стоит задача – обеспечить полное соответствие современных АЭС международным требованиям к безопасности атомных реакторов. Сегодня требования таковы: вероятность аварий с разрушением активной зоны на новых станциях не должна быть более 1 раза в 100 000 лет на 1 реактор, а вероятность крупных аварий с выбросами радиоактивности за пределы АЭС не должна превышать 1 раза в 1 000 000 лет на реактор. Внедрение инновационных технологий, техническое регулирование и строгий контроль соответствия требованиям обеспечат долгосрочную конкурентоспособность России на международном рынке сооружения АЭС.

Подробнее на стр. 12

Главное

04

В.С. Опекунов: «О лучших практиках саморегулирования. Отраслевой разрез» Специализированная система СРО объединяет все корпоративные организации и те компании – в изысканиях, проектировании и строительстве, которые участвуют в сооружении объектов атомной отрасли. Именно здесь формируются ключевые системообразующие признаки и критерии строительного комплекса атомной отрасли, который мы стараемся воссоздать.



Multi-D - проект НВАЭС-2

Высокие стандарты

8

Система управления проектами - Создание объектов использования атомной энергии (далее ОИАЭ) является одним из инструментов реализации стратегии развития атомной отрасли, обеспечения энергетической безопасности России.

К сожалению, сегодня приходится констатировать, что большинство проектов заканчиваются с задержкой сроков и превышением бюджета. Причем по данным ЗАО «Институт «Оргэнергострой», дополнительные затраты, связанные лишь с увеличением сроков строительства (изменения проектных решений, неоптимальные организационно-технологические решения в расчет не принимались), составляют не менее 150-200 млн. рублей в месяц при строительстве одного энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-1000.

Multi-D

15

Современное проектирование и управление сооружением сложных инженерных объектов

- Исторические факты возникновения Multi-D технологии. Одним из ведущих игроков на мировом рынке сооружения АЭС является японская корпорация Тошиба. В процессе своей деятельности, Тошиба использует большое количество технологий и приемов (в том числе собственной разработки), которые позволяют существенно снижать как сроки строительства, так и его стоимость. Среди таких технологий можно назвать "Just in Time", "Kaizen", "6D" и многие другие.

В 2009 году по решению Концерна «Росэнергоатом» в ОАО «НИАЭП» были начаты работы по анализу мирового опыта в области технологий управления сооружением. В ходе данных работ, было заключено соглашение о сотрудничестве с корпорацией Тошиба, с целью изучения, адаптации и дальнейшего применения в России, одной из технологий компании - «6D» моделирования.

МОКС-топливо

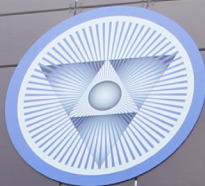
25

Замыкание ЯТЦ -

ляется на два вида: открытый (разомкнутый), нацеленный на захоронение отработанного топлива и радиоактивных отходов, и закрытый (замкнутый), предусматривающий переработку отработанного топлива и других отходов предприятий ядерной индустрии с целью выделения ценных элементов. ержку отработанного ядерного топлива на территории АЭС в течение 3-10 лет; временное контролируемое хранение ОЯТ в автономных хранилищах при радиохимическом заводе (сроком до 40 лет), переработку ОЯТ с выделением из него отдельных (или суммы) делящихся нуклидов и продуктов деления, представляющих коммерческий интерес, отверждение и захоронение отходов. Переработка ОЯТ даёт некоторые экономические выгоды, восстанавливая неиспользованный уран и вовлекая в энергетику наработанный плутоний. При этом уменьшается объем высокорadioактивных и опасных отходов, которые необходимо надлежащим образом хранить.

Лучшие практики саморегулирования в строительстве. Отраслевой разрез

СОЮЗАТОМСТРОЙ



центр подготовки рабочих строительного комплекса атомной отрасли

После изменений Градостроительного кодекса, предусматривающих переход на саморегулирование с 1 января 2010 года, в Госкорпорации было решено создать специализированную систему СПО, объединив в них все корпоративные организации и те организации – в изысканиях, проектировании и строительстве, которые участвовали в сооружении объектов атомной отрасли.

Именно здесь формируются ключевые системообразующие признаки и критерии строительного комплекса атомной отрасли, который мы стараемся воссоздать.

>>>>

В.С. Опекунов

президент саморегулируемых организаций атомной отрасли (СПО «Союзатомстрой», СПО «Союзатомпроект», СПО «Союзатомгео»),

После изменений Градостроительного кодекса, предусматривающих переход на саморегулирование с 1 января 2010 года, в Госкорпорации «Росатом» серьезно обсуждался вопрос организации новой системы регулирования. Возможны были варианты, когда организации могли стать членами СРО по территориальному, либо по какому-то другому, ими определенному принципу. Но в Госкорпорации было решено создать специализированную систему СРО, объединив в них все корпоративные организации и те организации – в изысканиях, проектировании и строительстве, которые участвовали в сооружении объектов атомной отрасли. Именно здесь формируются ключевые системообразующие признаки и критерии строительного комплекса атомной отрасли, который мы стараемся воссоздать.

В системах Минсредмаша СССР и Минэнерго СССР существовали действительно мощные строительные комплексы, которые своими силами создавали атомные города, объекты ядерно-оружейного, научного, уранодобывающего и топливного комплексов, создали полномасштабную инфраструктуру атомной энергетики, начиная с первой в мире атомной электростанции в Обнинске.

Сегодня ситуация совсем иная. Очевидно, что процесс глубокой консолидации и идентификации этого комплекса невозможно достичь рывком, это огромная, кропотливая и продолжительная работа всего сообщества атомных строителей.

Именно поэтому мы сегодня позиционируем систему организаций, объединенных в структуре СРО атомной отрасли как строительный комплекс, обладающий теми самыми системообразующими признаками, которые по существу и формируют систему атомного строительства. Таких признаков достаточно много, при этом главные из них это: наивысшие требования к членам СРО при допуске к работам, единая база отраслевых технических нормативов (стандартов) обязательных для исполнения, квалифицированный контроль и надзор за качеством и безопасностью производства работ, специальные образовательные стандарты и требования к квалификации персонала.

Сегодня наши организации выполняют 82% объемов строительно-монтажных работ в целом по отрасли. Это существенная доля объема СМР. Мы ни в коем случае не стремимся к монопо-

лии, но если уж мы вместе формируем подрядный альянс, в котором застройщик, генподрядчик и основные подрядчики – участники отраслевых СРО, то нужно до конца выдерживать линию, чтобы все были в одном поле регулирования, чтобы работала площадка в одном алгоритме – по стандартам, по квалификации, по контролю.

Разработка стандартов отрасли

Практически с первого дня создания СРО атомной отрасли приступили к разработке стандартов организации, в том числе и потому, что условием получения статуса СРО являлось наличие основополагающих стандартов устанавливающих правила выполнения работ, требования к результатам и системе контроля, порядка разработки, утверждения, внесения изменений и отмены разрабатываемых стандартов.

Уже в 2010 году было очевидным большое отставание имеющейся отраслевой нормативно-технической базы от уровня развития новых строительных технологий. Эти обстоятельства предопределили огромный объем задач по развитию стандартизации в области инженерных изысканий, проектной и строительной деятельности.

Для практической реализации функций по разработке отраслевых стандартов СРО атомной отрасли сформировали и организовали работу профессионального экспертного сообщества, включающего лучших ученых, инженеров, специалистов организаций — членов СРО.

На всех стадиях разработки программ стандартизации эксперты ведут слож-

ную и кропотливую работу, что предопределяет качество документов. В составе экспертного совета входит более 200 ведущих в своих областях специалистов отрасли, которые распределены по специализированным секциям по направлениям работ.

Поворотным моментом в этой работе стало подписание соглашения между Госкорпорацией «Росатом» и СРО атомной отрасли по разработке, взаимному признанию, внедрению и контролю исполнения совместных нормативно-технических документов, утверждена специальная программа разработки стандартов на период 2012-2017 годов в которую включены 143 документа. Отдельная программа стандартизации разработана в рамках соглашения с АО «Концерн Росэнрегоатом», в 2016 году приступим к реализации подобных программ с АО «ТВЭЛ», НИЦ «Курчатовский институт» и др. На сегодняшний день СРО атомной отрасли уже разработаны и действуют 114 стандартов. Все стандарты разрабатываются на конкретные конструктивы, элементы зданий, инженерные системы, технологии. Мы жестко следим за исполнением этих документов в организациях-членах СРО. И если стандарт не исполняется, то наносится ущерб качеству, нарушаются сроки, снижается эффективность, ухудшаются условия безопасности производства работ. Наши стандарты становятся действительно очень важным инструментом влияния на все процессы сооружения объекта.



Конференция СРО атомной отрасли: Атомстройстандарт-2015



Комплексная выездная проверка отдела технического надзора СРО атомной отрасли на ЛАЭС-2

Есть группа организационных и управленческих стандартов, которые формируют структуру управления стройкой, структуру деятельности всех головных участников сооружения с точки зрения функционала, ответственности. Есть большая группа стандартов, касающихся организации всех видов контроля и надзора, в том числе авторского надзора. Есть группа стандартов, касающихся технических норм; большая группа стандартов, касающихся конкретных технологий сооружения; группа стандартов и требований к документам, в том числе к проектам организации строительства (ПОС), проектам производства работ (ППР), в том числе особо сложных работ. И, конечно, неисполнение стандартов – это всегда ущерб качеству, бесспорно и совершенно очевидно.

К сожалению, за время смены общественно-политической формации в стране и отмены СНИПов и ГОСТов, касающиеся стройки, а их было тысячи и десятки тысяч, много лет отработали практически вне нормативного поля, поэтому сейчас все это снова поставить в строй, заставить работать так же слаженно и четко всю систему не просто. Люди отвыкли работать с нормативными документами. Но, тем не менее, наши стандарты все больше востребованы жизнью на строй-

ке. Многие из них сейчас признаются Ростехнадзором, который в актах своих проверок указывает, что нарушен стандарт СРО номер такой-то в части такой-то. То есть Ростехнадзор постепенно берет наши стандарты на вооружение, хотя они не являются национальными стандартами. Потому что это пока единственная нормативная база стройки, которая существует. Больше нет ничего.

Контроль и надзор

Ежегодно, в соответствии с требованиями градостроительного кодекса, проверяются 100% организаций — членов СРО; в том числе в 35-40% организаций проводятся плановые, а также внеплановые выездные проверки.

Особое внимание уделяется проверке организаций, работающих на площадках строительства энергоблоков АЭС. На этих площадках дважды в год проводятся комплексные проверки, при этом одновременно проверяется деятельность застройщика (технического заказчика), генподрядчика и подрядных организаций.

Специалисты отдела надзора СРО при проведении проверок большое значение уделяют вопросам оказания по-

мощи организациям и проведения технических консультаций, разъяснения порядка и способов устранения нарушений, рекомендаций по улучшению функционирования системы качества, системы управления проектами, охраны труда и промышленной безопасности, а также по вопросам применения стандартов СРО.

При этом, прежде всего, наши специалисты проверяют качество работ непосредственно на стройках, фиксируют нарушения технологии, допущенный брак, нарушения требований охраны труда, изъяны в документации.

В 2015 году СРО атомной отрасли провели 136 выездных и 391 – камеральную проверку. По результатам проверок дисциплинарной комиссией вынесено 299 предписаний, 104 предупреждения, 19 прекращений действия свидетельств о допуске к работам.

За всеми этими цифрами стоит огромная работа, работники отдела надзора практически постоянно находятся на марше. При этом является очевидным, что контрольную деятельность нужно развивать и совершенствовать.

Необходимо улучшить взаимодействие с застройщиками и генеральными подрядчиками, а также с руководителями дивизионов Госкорпорации «Росатом» с тем, чтобы СРО получали оперативную информацию о наличии претензий к подрядным организациям — членам СРО атомной отрасли, на основании которой будут точно проводиться внеплановые проверки и приниматься соответствующие меры.

Осуществляя контрольные функции, мы способствуем организациям в наведении порядка в сложном строительном хозяйстве.

Подчеркну, что в атомном строительстве, и это надо четко осознавать, правительством установлен очень высокий уровень требований, предъявляемых к строительным, проектным и изыскательским организациям для того, чтобы они обладали правом работать в отрасли.

К сожалению, сегодня нормативно-правовая база построена таким образом, что порядка 70% СРО формально приняли эти высокие требования, и внесены Ростехнадзором в госреестр как СРО, обладающие правом выдачи допусков к работам на атомных объектах, но большинство организаций имеющих допуски этих СРО далеко не соответствуют нормативным требованиям. Однако я убежден, что жизнь постепенно всё расставит на свои места, мы движемся вперед, активно развивая строительный комплекс атомной отрасли, объединенный в СРО атомной отрасли.

Квалификация персонала

О том, как построена наша система профессионального образования говорилось уже не раз, главные принципы системы: — вся организационная работа по планированию учебных потоков в разрезе программ и учебных центров, заключению договоров с учебными центрами, формированию групп слушателей и контролю процесса обучения, итоговой аттестации, оплату за обучение производит СРО. Объем этой работы можно ощутить из анализа цифр, характеризующих количество прошедших обучение специалистов и рабочих в прошлом году. По программам повышения квалификации в объеме не менее 72 часов прошли обучение 4079 руководителей и специалистов организаций – членов СРО и подготовлено 3008 квалифицированных рабочих. Затраты собственных средств СРО на обучение специалистов составили более 50 млн. рублей.

Конечно, у нас есть, установленное Фе-

деральным законом право требовать от организаций соответствующей квалификации персонала не задумываясь, где и как они будут решать эту проблему. Но уже в первый год работы СРО нам стало ясно, что требовать можно до бесконечности, и не достичь результата, поскольку возможностей и условий для обучения просто нет, система повышения квалификации специалистов строительного профиля и тем более подготовки квалифицированных рабочих полностью утрачена. Понимая свою ответственность за возрождение строительного комплекса атомной отрасли, мы взяли на себя тяжелую, очень хлопотную миссию по организации подготовки строительных кадров. Сначала это была работа по координации взаимодействия наших организаций и учебных центров по повышению квалификации специалистов. Но уже на старте этой работы стало ясно, что результат можно достичь только при условии, если СРО станет прямым заказчиком образовательных услуг и будет определять требования к их качеству и контролировать процесс обучения и итоговой аттестации.

С 2011 года образовательный проект СРО осуществляется на перечисленных выше принципах, при этом реализуется непрерывная программа повышения качества образования, но это уже отдельная большая тема. СРО НП «Союзатомстрой» совместно с Госкорпорацией «Росатом» создан современный учебный центр подготовки работников строительного комплекса атомной отрасли (НОУ ДПО «УЦПР») с филиалами в Москве и Нововоронеже

(в городе ведется сооружение Нововоронежской АЭС-2), где проводится обучение сварщиков, бетонщиков, арматурщиков, электромонтажников и многих других специальностей.

Мы развиваем эту деятельность, как я уже отмечал, инвестируем серьезные средства в развитие материально-технической базы учебных центров. Более того, в 2016 году мы приступили к реализации проекта создания третьего учебно-производственного комплекса НОУ ДПО «УЦПР» в городе Сосновы Бор (Ленинградская область), где ведется сооружение Ленинградской АЭС-2.

С сожалением приходится констатировать, что загрузка учебного центра рабочими остается недостаточной, потому что период «безвременья» отучил всех нас даже от базовых принципов организации деятельности предприятий.

Руководители компаний с трудом начинают понимать, что квалификация специалистов — это главная ценность и залог успеха их бизнеса. Строители, к сожалению, отвыкли от этого, забыли, что нельзя работать на серьезных стройках с неквалифицированным персоналом.

Я очень надеюсь, что нам удастся переломить ситуацию и добиться понимания в этом вопросе, прежде всего, со стороны руководителей изыскательских, проектных и строительных организаций.

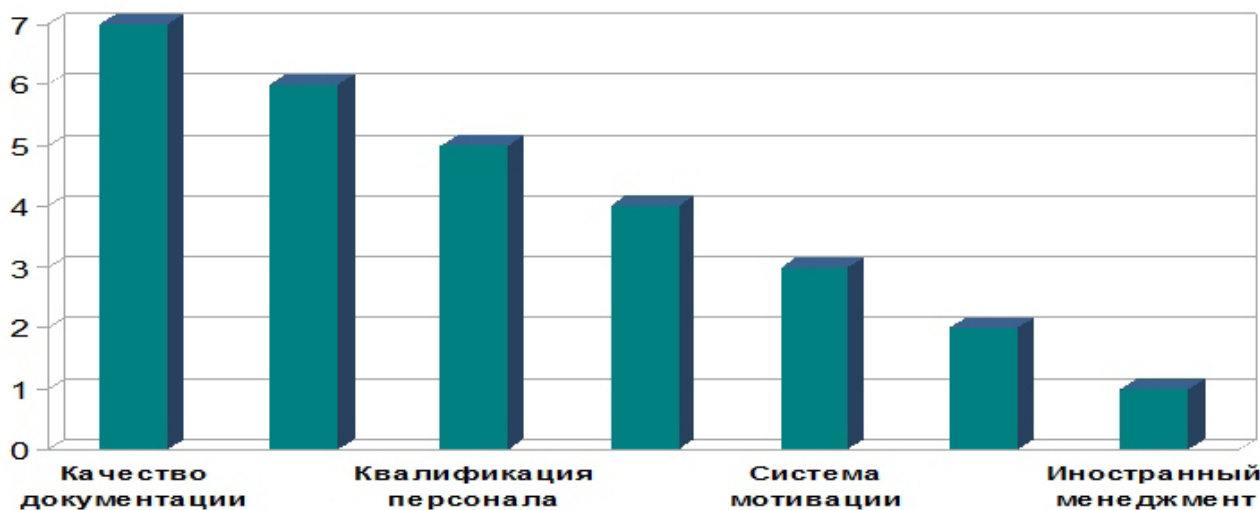


Полигон подготовки персонала к выполнению работ на высоте
НОУ ДПО «УЦПР»

Анализ стандартов в области управления и организации строительства ОИАЭ и задачи по созданию комплексной системы стандартов по управлению проектами

Е.В. Колосова, к.т.н., директор по развитию ООО «К4», член Экспертного совета СРО атомной отрасли

И.П. Султанова, исполнительный директор ООО «К4»



Усредненные результаты исследования

Создание объектов использования атомной энергии (далее ОИАЭ) является одним из инструментов реализации стратегии развития атомной отрасли, обеспечения энергетической безопасности России.

К сожалению, сегодня приходится констатировать, что большинство проектов заканчиваются с задержкой сроков и превышением бюджета. Причем по данным ЗАО «Институт «Оргэнергострой», дополнительные затраты, связанные лишь с увеличением сроков строительства (изменения проектных решений, неоптимальные организационно-технологические решения в расчет не принимались), составляют не менее 150-200 млн. рублей в месяц при строительстве одного энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-1000. Поэтому формирование условий своевременной реализации инвестиционно-строительных проектов является крайне важной задачей.

В 2011г. компания К4 провела исследование по теме «ЧТО ЯВЛЯЕТСЯ ОПРЕДЕЛЯЮЩИМ ДЛЯ СВОЕВРЕМЕННОГО СООРУЖЕНИЯ И ВВОДА ОБЪЕКТОВ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ?». Участникам было предложено расставить по значимости (с точки зрения обеспечения своевре-

менного сооружения объектов) семь факторов, среди которых:

- Качество разработки проектной и рабочей документации
- Слаженная работа служб, отвечающих за организацию строительно-монтажных работ, выдачу рабочей документации и поставки МТР, при планировании и мониторинге проектов сооружения промышленных объектов на основе календарно-сетевых графиков
- Квалификация управленческого и инженерно-технического персонала по вопросам управления строительными проектами вообще и организации строительного производства в частности
- Система мотивации, ориентирующая персонал на достижение требуемых результатов в запланированные сроки
- Оргструктура, обеспечивающая быстрое решение вопросов, делегирование полномочий «вниз», горизонтальные связи, проектно-ориентированную форму управления
- Иностранное управление
- Информационная система управления проектами

В опросе приняло участие около 400 специалистов компаний, связанных со строительством энергетических, нефтегазовых и гражданских объектов. Около половины участников опроса представляли руководство, половина - инженерно-технический персонал. Респонденты представляли компании, выполняющие различные роли в строительных проектах: от инвестора до подрядчика. Подавляющее большинство участников оказались солидарны по отношению к первым трем факторам. Первое, второе и третье места поделили «Качество документации», «Слаженная работа на основе календарно-сетевых графиков, отражающих технологию выполнения работ» и «Квалификация персонала». Наименьшее влияние на обеспечение своевременного сооружения объектов оказывают привлечение иностранного менеджмента и автоматизация системы управления проектами. Отсутствие слаженной работы на основе графиков респонденты связывали как с неэффективными процессами взаимодействия

взаимодействия между участниками строительных проектов и между их подразделениями, так и с низким качеством или полным отсутствием календарно-сетевых графиков. Низкое качество проектной, рабочей и организационно-технологической документации респонденты во многом объясняли следствием перевода СНиПов в статус рекомендуемых, но не обязательных документов, отсутствия формализованных требований, как к результатам проектирования, так и процессам их получения. Низкая квалификация персонала, как в проектных организациях, так и у застройщиков и генподрядчиков, являющихся заказчиками на разработку проектной и рабочей документации, также не способствует получению качественного результата.

На основании данного исследования напрашивается вывод: оптимизация процессов и формирование требований к их результатам является ключевым фактором повышения эффективности реализации проектов.

Если разделить основные процессы, обеспечивающие достижение результатов инвестиционно-строительных проектов на производственные и управленческие, то многие согласятся, что оптимизация производственных процессов - вопрос не очень сложный, он давно и детально изучен. В качестве примера можно привести методологию «шесть сигм», позволяющую добиваться 99,999999% точности прогноза результативности производственных процессов на машиностроительных предприятиях. Этой же теме посвящены усилия, предпринимаемые сегодня предприятиями атомной отрасли в рамках мероприятий ПСР по сокращению продолжительности и стоимости отдельных производственных процес-

сов. Нет необходимости многократно возвращаться к одному и тому же вопросу. Достаточно один раз отладить процесс, зафиксировать технологическую карту, обучить исполнителей выполнять все правильно и пожинать плоды.

Вопрос, связанный с организационно-управленческим процессом, является более сложным, поскольку здесь задействован человеческий фактор. Управленческие процессы могут быть очень детально описаны, но, в отличие от производственных процессов, их исполнение зависит не только от уровня профессионализма, но личных качеств, характера, готовности принимать на себя ответственность каждого конкретного управленца. И это никакими процессами регламентировать невозможно. Поэтому на первый план выходит не жесткая формализация и детализация процессов, а требования к результатам.

В условиях действия закона о техническом регулировании стандарты и требования СРО - это практически уникальная возможность стандартизации и формирования единых обязательных требований ко всем участникам строительного процесса, в т.ч. требований к системе управления проектами.

Стандарт на систему управления проектами (СУП) Организации - члена СРО «Союзатомстрой» является вершиной действующей системы организационно-управленческих стандартов СРО атомной отрасли. Он был разработан одним из первых. В тот момент немногие генподрядчики и застройщики могли похвастаться наличием СУП, применением календарно-сетевых графиков. За 4 года использования стандарта многое из-

менилось. Терминология проектного управления стала распространенной и применяемой на стройках. Сегодня уже не требуется доказывать необходимость применения СУП. Календарно-сетевые графики разрабатываются практически для каждого проекта сооружения ОИАЭ. В организациях - членах СРО атомной отрасли появились стандарты на СУП, в том числе процедуры, регламенты, методические указания по разработке и применению графиков и других управленческих инструментов.

Календарно-сетевые графики не являются самоцелью: это лишь один из инструментов управления. Эффективность их применения во многом зависит, с одной стороны, от процессов разработки и применения, а с другой - от качества информации, на основании которой графики разрабатываются, актуализируются и корректируются. Поэтому дальнейшее развитие системы стандартизации пошло в двух направлениях: регламентация деятельности и требований к отдельным результатам. На сегодняшний день выстроена пирамида стандартов, охватывающая (1) требования к организации деятельности основных участников строительных проектов: застройщика, генерального подрядчика и генерального проектировщика, (2) требования к организационно-технологическим документам: ПОС и ППР, являющимся важнейшим источником информации для календарно-сетевых графиков, (3) требования к отдельным видам работ: организация подготовительного и основного периода строительства, строительный контроль, авторский надзор и проч., (4) требования к персоналу.

Стандарт на СУП

Застройщик

Генпроектировщик

Генподрядчик

Стандарты на функции деятельности участников

ПОС

ППР

Строительный контроль

...

Авторский надзор

Стандарты на отдельные функции участников

Организация строительно-монтажных работ на объектах использования атомной энергии. Требования к персоналу

Стандарты на требования к персоналу

В процессе проработки стандартов на организацию деятельности основных участников строительных проектов стало понятно, что специфика роли участника проекта накладывает особые условия на его систему проектного управления. И в данных стандартах появились соответствующие разделы, в чем-то повторяющие, но и существенно уточняющие требования к СУП, описанные в стандарте верхнего уровня. При этом сам стандарт на СУП размывается и требует переосмысления. Кроме того, пришло осознание необходимости разработки нового стандарта на организацию деятельности Подрядчика - важнейшего участника строительного проекта. Потому что именно его руками возводится объект. От качества организации его деятельности, профессионализма его сотрудников во многом зависит успех проекта в целом. Кроме того, вводится новый вид деятельности - генеральный подрядчик на изыскательские работы. Стандарт на организацию его деятельности также необходим.

Отдельного обсуждения требует стандарт на ПОС - важнейшего документа, де-юре являющегося основным для организации строительства. Принципиальная технология, схема механизации, транспортная схема, зонирование площадки, распределение объемов по периодам строительства, графики движения рабочей силы и графики освоения - эти и многие другие вопросы должны находить свое отражение в ПОС. Однако де-факто положение дел печально. Учитывая, что для большин-

ства проектов выбор генерального подрядчика возможен только после получения положительного заключения Главгосэкспертизы и разрешения на строительство, генеральный проектировщик не имеет возможности при разработке ПОС учесть реальные возможности будущего генерального подрядчика. Таким образом, вероятность изменения ПОС после выбора генерального подрядчика практически равна 100%. В этой ситуации, застройщик заинтересован уже не в качественной проработке технологии выполнения работ, а в разработке максимально общего документа, который не потребует повторной экспертизы при его уточнении по факту выбора генерального подрядчика. Для улучшения ситуации требуется переосмысление стадий проектирования. Пересмотр Постановления Правительства РФ №87, который сейчас выполняется, является первым шагом в этом направлении. Стандарт СРО «ПОС ОИАЭ. Общие требования» определяет требования к такому ПОС, который можно использовать для выбора генеральной организации. Логика этого документа предполагает, что в ПОС должна быть проработана рациональная схема организации строительства с тем, чтобы у застройщика был ориентир на сроки и стоимость сооружения объекта, которые устраивают застройщика. У генподрядчика всегда остается возможность оптимизации, но ПОС задает ту планку, за пределы которой генподрядчик выходить не

имеет права. Все изменения, которые может предложить генподрядчик, могут лишь улучшать показатели проекта. Для повышения качества организационно-технологических решений в стандарте предлагается использовать визуальные модели организации строительства, даются минимальные требования к данному инновационному инструменту управления. Кроме того, в стандарте прописаны требования к разделу, посвященному требованиям к системе управления проектом - совершенно логичный раздел, который увязывает управленческие и технологические вопросы.

Анализ опыта применения систем управления различными строительными проектами позволяет сделать вывод: увлечение процессами, регламентами в отрыве от технологии сооружения объектов, специфики контрактных отношений быстро приводит к излишней формализации и «отрыву» СУП от реалий стройки. В ответ начинается поиск «обходных», но более эффективных путей принятия решений. Итог этого - деградация СУП в глазах руководства и рядового персонала, и ее перевод в статус «для галочки».

Исходя из вышесказанного, общая схема системы организационно-управленческих стандартов была оптимизирована.

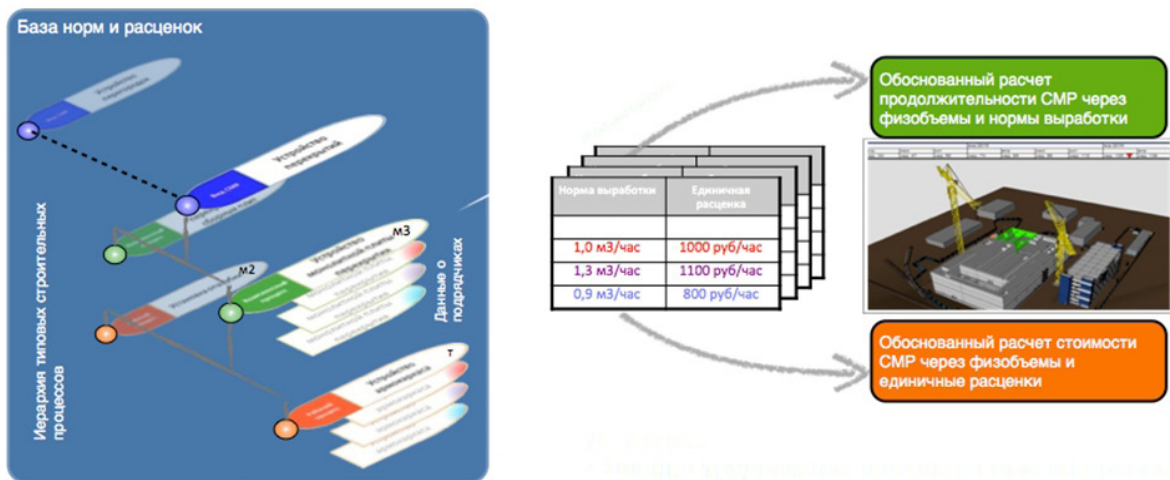


Во главе оптимизированной системы поставлен стандарт «Управление Проектом на всех стадиях его жизненного цикла». Это новый документ, который должен описать все этапы сооружения ОИАЭ от возникновения идеи до ввода в эксплуатацию и увязать всех участников проекта. На следующем уровне располагаются стандарты на организацию деятельности основных участников инвестиционно-строительного проекта. Далее следуют стандарты - требования как к отдельным функциям, так и документам, необходимым для организации строительства. А также технологические регламенты, которые обеспечивают стандартизацию организационно-технологических

решений, и укрупненные нормативы по видам работ, которые позволяют более точно оценить продолжительность работ, а значит и критический путь, графики движения рабочей силы и освоения капитальных вложений. Т.е. обеспечат более точное прогнозирование с помощью технологии календарно-сетевое планирования.

Нормативная база, особенно если она сформирована в структурированном виде на основе реальных данных по нормам труда и расценкам, является важнейшим подспорьем при планировании производства СМР. Под структуризацией в данном случае понимается однозначное деление по видам СМР, комплексным и рабочим строительным

процессам, для которых рассчитываются или экспертно назначаются нормы времени, нормы выработки и единичные расценки. Нормы затем могут использоваться при автоматическом расчете продолжительности работ в визуальной модели/графике на основе заложенных там физических объемов. Это позволяет повысить точность планирования сроков и стоимости. Полезным «побочным эффектом» является возможность создания торговой площадки по выбору подрядчиков на основе предлагаемых ими единичных норм и расценок по видам СМР.



ГЭСН, ЕНиР, ТЕР, ФЕР, НЦКР, Статистика

Концепция формирования и применения базы нормативов по видам работ

На нижнем уровне оптимизированной системы организационно-управленческих стандартов (рис.5), так же как и в текущей схеме, находятся требования к персоналу.

Представленное направление развития системы организационно-управленческих стандартов позволит сбалансировать управленческую и технологическую составляющие, что создает гармоничные условия для развития строительного комплекса атомной отрасли.

Концепция формирования и применения базы нормативов по видам работ

Современные тенденции развития технологии сооружения АЭС в России и за рубежом

Автор: Малинин Сергей Михайлович
Технический директор СРО НП «СОЮЗАТОМСТРОЙ»



НВАЭС. Монтаж армоопалубочных блоков гермозоны

Атомная энергетика на сегодняшний день находится на этапе развития, активного использования и внедрения новых технологий, повышения качества строительства и безопасности эксплуатации АЭС. Современный период развития атомной энергетике характеризуется сооружением объектов с высоким качеством и снижением издержек.

Основными целями развития и внедрения новых технологий на рынке сооружения атомных станций в России и за рубежом сегодня являются:

- повышение безопасности эксплуатации АЭС,
- сокращение сроков строительства,
- снижение стоимости строительства,
- улучшение качества строительства, возведение простой и надежной конструкции, устойчивой к возможным авариям,
- соответствие международным требованиям,
- защита против аварии с расплавлением активной зоны,
- продление сроков службы до 60 лет,
- минимизация воздействия на окружающую среду.

Одним из путей достижения этих це-

лей является выявление слабых мест в Российских проектах сооружения АЭС и применение улучшенных технологий для решения этих проблем. Сегодня необходимо внедрить передовые технологии и найти разумный баланс между сроками сооружения, качеством, безопасностью и стоимостью сооружения. Именно поэтому в приоритетах развития системы технического регулирования на объектах использования атомной энергии - внедрение инновационных технологий не на стадии проектирования, а еще раньше - на этапе разработки и выпуска стандартов, требований к проектированию и сооружению АЭС. Сегодня существенно поменялась технологическая база. Появилась новая крановая техника, усовершенствовались технологии монтажа арматуры и другие монтажные технологии, применяются новейшие материалы и т.д. Это общий технический прогресс, который происходит в мировой строительной индустрии. В последние несколько лет Россия совершила большой прорыв по разра-

ботке собственных новых технологий и внедрению зарубежных. Современные тенденции развития технологии сооружения АЭС в России и за рубежом включают следующие передовые технологические концепции:

1. Крупноблочное строительство, в том числе:

- Использование крупноблочных армированных строительных конструкций;
- Применение несъемной стальной и фибробетонной опалубки;
- Применение технологии безвибрационного бетонирования густоармированных конструкций сложной геометрии с применением гиперпластификаторов;
- Использование гибридных блоков строительных конструкций, оборудования и трубопроводов.

2. Система управление проектом сооружения АЭС, в том числе:

- Использование информационной системы управления проектом (Инжиниринг в управлении проектами на основе перехода от 2D моделей к мульти-D моделям. Управление выпуском ПСД и поставками оборудования, изделий, материалов. Мониторинг сооружения объектов (4-D));
- Организация поточного строительства;

- Информационные технологии в организации строительства (Использование GPS навигации и ГЛОНАСС).

3. Применение инновационных материалов, в том числе:

- высокопрочный бетон,
- композитные материалы.

4. Передовые технологии монтажных работ, в том числе:

- Монтаж тяжеловесного и крупногабаритного оборудования открытым способом;
- Автоматизация процесса сварки трубопроводов;
- Использование гнутых трубопроводов вместо сваренных коленчатых патрубков;
- Комплектно-блочное изготовление и монтаж оборудования и трубопроводов.

5. Разработка системы стандартов, обеспечивающих сооружение АЭС, разработка технологических регламентов.

6. Повышение квалификации персонала в соответствие с развитием инновационных технологий строительства, монтажа, сварки и др.

Для достижения нового уровня в атомном строительстве сделан акцент на техническое регулирование, технический контроль и строгий надзор за соблюдением качества сооружения объектов, строгое соблюдение стандартов, регламентирующих качество строительства, внедрение инноваций на этапе разработки стандартов. Перечисленные задачи реализуются саморегулируемыми организациями атомной отрасли. Сегодня СРО объединяют около 500 организаций, выполняющих работы при сооружении объектов использования атомной энергии. Деятельность СРО направлена на повышение всех компонентов ответственности, качества работ и безопасности сооружения АЭС. В частности, техническое регулирование, организованное специалистами отраслевых СРО, призвано качественно повысить уровень безопасности сооружения АЭС. Созданы Комитеты по техническому регулированию, по инновационному развитию, по качеству и метрологии, создан Центр технических компетенций атомной отрасли (ЦТКАО), который является разработчиком стандартов СРО. Экспертный совет ЦТКАО объединяет лучших специалистов в области строительства, проектирования и инженерных изысканий с тем, чтобы каждый разрабатываемый стандарт был всесторонне оценен профессиональным сообществом. Ведется Разработка новой и актуализация действующей нормативно-технической документации, регламентирующей сооружение ОИАЭ.

Смысл и основные задачи разработки нормативно-технической документации – закрепление в них требований к безопасности и качеству СМР, достижение оптимальной экономии при соблюдении условий эксплуатации, упорядочение строительной деятельности, начиная с входного контроля материалов и заканчивая вводом в эксплуатацию.

Комплекс стандартов на сооружение объектов ОИАЭ включает стандарты по управлению и организации сооружения ОИАЭ и стандарты по технологии сооружения ОИАЭ. В стандартах СРО атомной отрасли по управлению и организации сооружения ОИАЭ раскрывается передовая концепция управления проектами. Дальнейшей эволюцией системы управления проектом является система управления жизненным циклом АЭС. Данная концепция включает создание единого информационного пространства проектирования – мультиплатформенного программно-аппаратного комплекса управления инженерными данными для конструирования и проектирования (MultiD-инжиниринг), 3Dмодели и матери-

алы которого используются также в процессе эксплуатации, во время ремонтов, реконструкций и вывода из эксплуатации, а также организации коммуникаций между территориально распределенными участниками проекта (в т.ч. заказчиком, генподрядчиком, проектировщиками, производителями оборудования и строителями).

MultiD технология - это создание виртуальных моделей всего энергоблока в процессе проектирования, позволяющих планировать и контролировать ход сооружения АЭС в реальном масштабе в любой выбранный момент времени с эффектом присутствия, создающих стереоскопическое изображение оборудования и иллюзию перемещения по станции с возможностью масштабирования. Программное обеспечение MultiD объединяет 3D-проектирование, календарно-сетевые графики, каталоги оборудования, сметную стоимость строительства, работы машин и механизмов и др. Лучшие практики строительной индустрии Японии и США показали эффективность внедрения и огромные перспективы данной технологии. Стандарты по технологии сооружения ОИАЭ охватывают все этапы строительства и определяют требования к основным процессам, влияющим на качество сооружения и безопасность АЭС, таким как: проведение бетонных работ при сооружении реакторного отделения и защитной оболочки, проведению сварочных и монтажных работ ГЦК АЭС, трубопроводов и оборудования турбинного отделения, выполнению электромонтажных, тепломонтажных, пуско-наладочных работ и другим. Постоянное обновление стандартов позволит поддерживать качество и безопасность строительства в течение

долгих лет. Стандарты по технологии сооружения ОИАЭ затрагивают следующие инновационные технологии:

- Технология устройства несъемной опалубки на ОИАЭ,
- Устройство системы предварительного напряжения защитной оболочки реакторного блока АЭС,
- Проектирование и изготовление фибробетонной опалубки для ОИАЭ,
- Технология автоматизированной сварки,
- Технология механического соединения арматуры;
- Технология применения системы мониторинга строительных конструкций,
- Технология применения композитных полимерных материалов.

Крупноблочное строительство, совмещенный монтаж ("OpenTop") - одно из основных направлений развития, рассматриваемых и продвигаемых в Комитете по Инновационному развитию СРО Атомной отрасли. Данная технология принципиальным образом влияет на сроки и затраты при строительстве АЭС.

Результативность технологии блочно-го монтажа зданий с использованием укрупненных фрагментов для скоростного строительства обусловлена переносом большей части сложных и трудоемких работ по армированию стен и перекрытий, установке закладных деталей и проходок в стационарные заводские условия. Дополнительными преимуществами такого решения является повышение качества и производительности работ, выполнение которых осуществляется в комфортных условиях с использованием специальных стендов и кондукторов, производительного стационарного оборудования. Ряд конструкций, которые в условиях строительной площадки могут выполняться только в определенной



НВАЭС. Монтаж блока купола.

последовательности, при изготовлении в составе блоков могут выполняться одновременно на отдельных стендах без взаимных помех. Суть технологии совмещенного монтажа заключается в параллельном выполнении работ по сооружению строительных конструкций и ведению монтажных работ по установке основного технологического оборудования (корпуса реактора, парогенераторов, «улиток» ГЦН и других технологических модулей). В настоящее время в зарубежной практике этот метод широко применяется под названием «OpenTop» (открытый верх). Применение этой технологии значительно сокращает сроки строительства АЭС.

В качестве примера сооружения энергоблоков АЭС с применением технологий крупноблочного и поточного строительства, можно привести Запорожскую АЭС, возводимую еще в Советские годы (1977-1988 годы). Лучшие показатели темпов строительства АЭС в СССР были достигнуты на сооружении 4-ого энергоблока ЗАЭС, где продолжительность строительных работ на реакторном здании составила 36 месяцев при общей продолжительности работ от первого бетона до энергопуска - 46 месяцев. Сооружение реакторного здания Запорожской АЭС осуществлялось предварительно укрупненными блоками весом от 40 до 200 т, для изготовления и укрупнения которых была создана мощная строительная база.

Одним из ключевых направлений на рынке атомной энергетики сегодня является проект ВВЭР-ТОИ. СПО атомной отрасли совместно с концерном «Росэнергоатом» для обеспечения совершенствования технологии возведения энергоблоков АЭС с реактором ВВЭР-ТОИ формирует программу разработки си-

стемы технологических регламентов с использованием современных строительных технологий, обеспечивающих надлежащее качество, плановые показатели по срокам и стоимости строительства АЭС, на основные здания и сооружения и отдельные конструктивные элементы, этапы работ, инженерные системы АЭС.

Основные принципы технологического регламентирования проекта ВВЭР-ТОИ включают:

- обеспечение нормативных сроков строительства объекта;
- применение современных технологий, материалов, конструкций, процессов организации и управления строительным производством;
- перенос большей части трудозатрат при строительстве АЭС из построечных условий в заводские;
- поставка на стройплощадку оборудования, строительных конструкций и изделий, полной или высокой заводской готовности, изготовленных с высокой точностью;
- совмещённый монтаж основного оборудования и блоков-модулей;
- использование автоматической и роботизированной сварки;
- применение самоуплотняющихся бетонов, которые практически исключают трудозатраты на вибрирование свежеложенного бетона;
- применения несъемной опалубки (фибробетонной и стальной)
- устройство стыков арматурных стержней армоблоков с помощью петлевого стыка и резьбовых муфт;
- использование тяжелой крановой техники для установки основного крупногабаритного тяжеловесного оборудования и строительных блоков при проведении совмещенного монтажа;

- разработка технологических регламентов параллельно с выпуском рабочей документации;

- наличие высококвалифицированных управленческих, инженерных и рабочих кадров;

- техническое нормирование работ в составе технологических регламентов.

Перед компаниями, занимающимися сооружением АЭС, стоит задача – обеспечить полное соответствие современным АЭС международным требованиям к безопасности атомных реакторов. Сегодня требования таковы: вероятность аварий с разрушением активной зоны на новых станциях не должна быть более 1 раза в 100 000 лет на 1 реактор, а вероятность крупных аварий с выбросами радиоактивности за пределы АЭС не должна превышать 1 раза в 1 000 000 лет на реактор. Внедрение инновационных технологий, техническое регулирование и строгий контроль соответствия требованиям обеспечат долгосрочную конкурентоспособность России на международном рынке сооружения АЭС.

Развитие атомной отрасли невозможно без полномасштабной модернизации строительного процесса на всех стадиях, включая стандартизацию, эволюционного развития российских строительного-монтажных технологий, созданных в 80-е годы прошлого века и развитых в соответствии с новыми более жесткими требованиями сегодняшнего дня, постоянной качественной актуализации нормативно-технической документации с внедрением современных технологий сооружения, появлением новых инноваций и стимулированием развития НИОКРов.



Панорама строительства Ленинградской АЭС-2 (НВАЭС-2).

Multi-D – комплексная система управления сооружением сложных инженерных объектов



проектирование

Рост энергопотребления и требований к обеспечению энергетической безопасности отдельных стран повышает интерес к атомной энергетике во всем мире. Выход на мировой рынок атомной энергетике является необходимым условием развития атомной отрасли России. Для того чтобы быть конкурентоспособным на мировом рынке, необходимы не только новые технологии и проекты энергоблоков, но и обеспечение возможности их поточного строительства за минимальные сроки и с минимальными издержками. Таким образом, при строительстве такого сложного инженерного объекта, как атомная электростанция, появляется необходимость в разработке комплексной системы управления процессом сооружения.

Автор: Угланов Дмитрий Вадимович
Инженер 2-ой категории технологического отдела
Бюро комплексного проектирования №4
ОАО «НИАЭП»

Исторические факты возникновения Multi-D технологии.

Одним из ведущих игроков на мировом рынке сооружения АЭС является японская корпорация Тошиба. В процессе своей деятельности, Тошиба использует большое количество технологий и приемов (в том числе собственной разработки), которые позволяют существенно снижать как сроки строительства, так и его стоимость. Среди таких технологий можно назвать "Just in Time", "Kaizen", "6D" и многие другие. В 2009 году по решению Концерна «Росэнергоатом» в ОАО «НИАЭП» были начаты работы по анализу мирового опыта в области технологий управления сооружением. В ходе данных работ, было заключено соглашение о сотрудничестве с корпорацией Тошиба, с целью изучения, адаптации и дальнейшего применения в России, одной из технологий компании - «6D» моделирования. Ведущие специалисты корпорации Тошиба путем проведения рабочих встреч и семинаров ознакомили специалистов ОАО «НИАЭП» с методологией технологии «6D», методами оптимизации календарно-сетевых графиков по срокам и ресурсам, а также принципами организации работ непосредственно на строительной площадке. С точки зрения методологии Тошиба, понятие «6D» образуется из следующих составляющих:

- 3D – трехмерная модель сооружаемого объекта;
- 4D – время, необходимое на его сооружение;
- 5D – физические объемы, то есть, тоннаж трубопроводов, номенклатура оборудования и т.п.;
- 6D – трудовые ресурсы, необходимые при выполнении работ.

Таким образом, оперирование во взаимной связке всеми перечисленными параметрами в системе управления сооружением позволяет добиваться снижения сроков и стоимости строительства.

«Пилотным» проектом для внедрения технологии «6D» в период с 2009 по 2011 стал энергоблок №3 Ростовской АЭС. В процессе разработки модели сооружения и применения «6D» технологии на «пилотном» проекте расширился круг охватываемых задач, и соответственно в технологии были внедрены дополнительные параметры управления сооружением, такие как сметная стоимость строительства, работы машин и механизмов и т.п., что повлекло за собой смену тренда технологии с «6D» на «Multi-D», разработчиком которой стал ОАО «НИАЭП».

Существующие (традиционные) формы планирования и контроля процесса сооружения сложных инженерных объектов.

Сложившийся к настоящему времени подход к календарно-сетевому планированию представляет собой, по сути, планирование «сверху вниз». При заключении договора на сооружение, разрабатывается график 1-го уровня, на котором отмечаются основные этапы и вехи строительства. Далее, в процессе разработки проектной документации на основе сроков, представленных на графике 1-го уровня, формируется более детальный график 2-го уровня с детализацией работ до технологической системы и отметки строительных конструкций. На основе выпущенной рабочей документации, создается оперативный график 3-го уровня, сроком на 1 год. Непосредственно на строительной площадке исполнителем работ формируются графики 4-го уровня. Основанием для их разработки являются сроки и даты из графиков верхнего уровня. Описанная выше суть методологии календарно- сетевого планирования имеет ряд существенных ограничений:

- Невозможность для планировщика на основе использования только проектной документации спланировать последовательность монтажа оптимальным, с технологической точки зрения, образом. В результате, в процессе производства строительно-монтажных работ неизбежно возникают производственные затраты труда и времени, вплоть до частичного демонтажа ранее смонтированных конструкций.
- Задержка в поставке того или иного

оборудования или материалов часто ведет к полной остановке работ на конкретном участке. В существующей системе календарно- сетевого планирования отсутствуют инструменты как для детального планирования сроков поставки каждой единицы оборудования, так и для осуществления оперативной корректировки фронта работ для каждой бригады монтажников

- анализ выполнения работ ведется по суммарному тоннажу смонтированных конструкций и базовой стоимости работ, с ежемесячным подведением итогов (т.н. тематическое планирование), что не позволяет в полной мере представить фактическое состояние стройки, как продвигаются строительно-монтажные работы на том или ином участке работ и провести компенсирующие мероприятия в случае необходимости

Эти и другие ограничения сложившихся принципов планирования существенно влияют на точность и качество управления строительством, что в свою очередь ведет к увеличению сроков и стоимости производства работ.

Технология управления строительством «6D», применяемая в корпорации Тошиба основана на принципах планирования «снизу вверх», то есть сначала рассчитывается длительность производства каждой конкретной работы, затем эти длительности суммируются, и на выходе определяется срок и стоимость сооружения всего объекта. Принцип планирования «снизу вверх» используется и в технологии Multi-D.

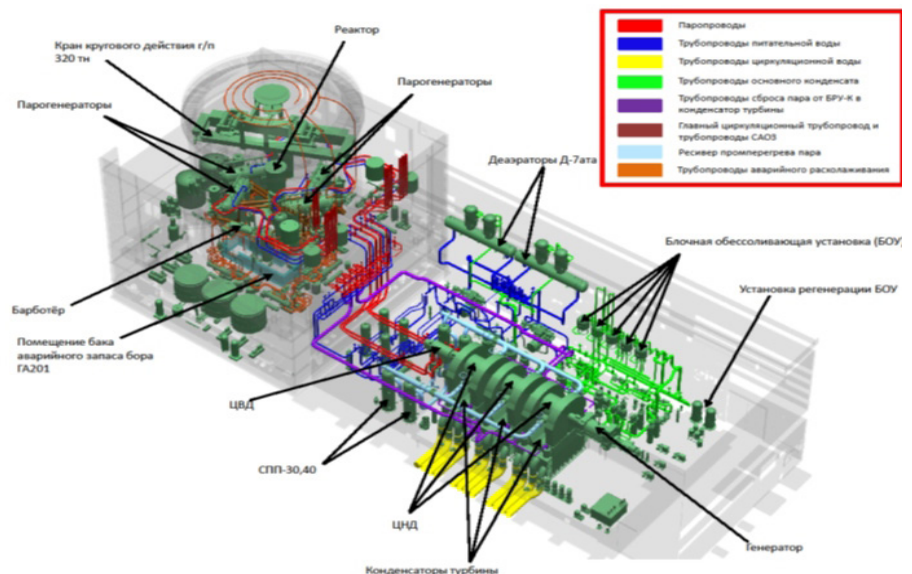


Рис.1 Трехмерная модель энергоблока АЭС

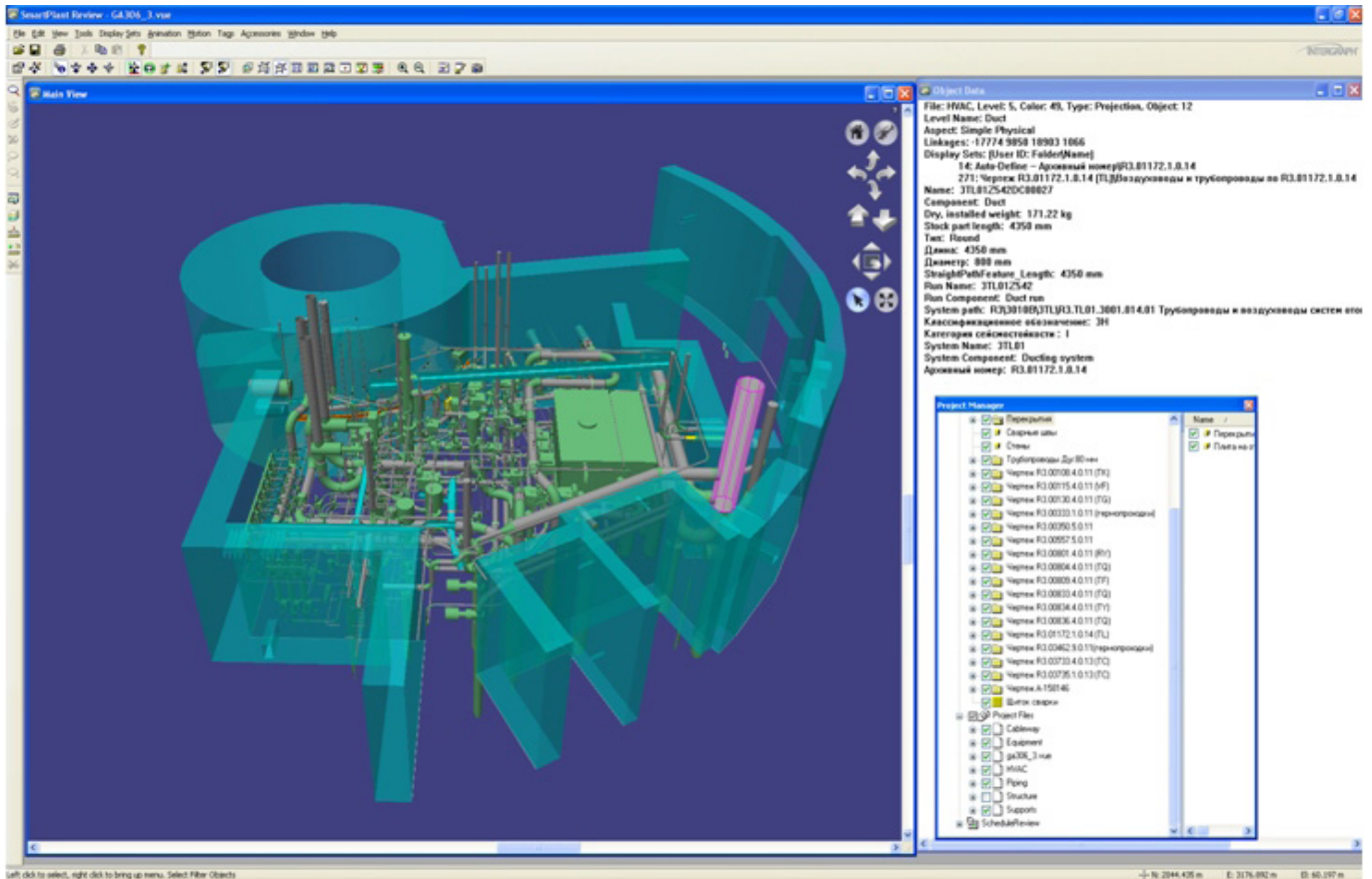


Рис.2 – Информационная модель монтажного бокса

Технология управления сооружением Multi-D используется для решения следующих основных задач управления строительством:

1. Оптимизация последовательности выполнения строительно-монтажных работ
2. Оптимизация численности трудовых ресурсов, машин и механизмов, используемых в процессе монтажа
3. Сокращение общей стоимости строительства

В рамках технологии Multi-D поставленные задачи решаются с помощью следующих подходов и инструментов:

- Использование трехмерной модели сооружаемого объекта в процессе планирования. Трехмерная модель позволяет оценить наполнение оборудованием и трубопроводами каждой монтажной зоны и определить оптимальную последовательность монтажа всех элементов задолго до начала монтажных работ непосредственно на строительной площадке. Также использование трехмерной модели позволяет вести планирование с очень высокой степенью детализации (вплоть до монтажного сварного стыка в технологической части и конструкции на отметке в строительной части). Такая детализация позволяет точно определить срок, когда каждый монтируемый элемент

должен прибыть на склад, вести поэлементный учет выполненных работ. Фрагмент трехмерной модели Ростовской АЭС блок №3 приведен на рисунке 1.

- Определение длительности монтажа для каждого элемента

Важнейшим этапом разработки Multi-D модели является определение нормы времени на монтаж каждого элемента трехмерной модели. В соответствии с подобранной нормой времени для каждого элемента трехмерной модели определяются трудозатраты и стоимость работ. В качестве базы норм для пилотного проекта Ростов 3 использовались российские сметные нормативы: ГЭСН, ФЕР, ЕНиР. При разработке Multi-D моделей для зарубежных проектов, возможно использование местных нормативных документов. Сочетание поэлементного нормирования и принципа планирования «снизу вверх» позволяет обеспечить доказуемость сроков, полученных при разработке Multi-D модели, что особенно актуально для новых проектов, для которых отсутствуют фактические данные по срокам строительства (например, проект ВВЭР-ТОИ, для которого с помощью Multi-D было выполнено обоснование срока сооружения энергоблока за 48 месяцев).

Использование инструментов визуализации в процессе планирования

Одним из основных требований к про-

граммному обеспечению, используемому для Multi-D моделирования является возможность связать разработанный календарно-сетевой график и трехмерную модель сооружаемого объекта. Такая связь позволяет визуализировать процесс возведения, оценить пространственно-временные коллизии, возникающие при производстве строительно-монтажных работ. Программным обеспечением, используемым в ОАО НИАЭП для разработки Multi-D моделей является SmartPlant Review и SmartPlant Construction (производитель Intergraph) для моделирования технологической части и Delmia Process Engineer (производитель Dassault Systemes) для строительной части.

-Применение принципов побоксового монтажа

В настоящее время применяется узловый метод монтажа, т.е. работы выполняются по узлу (по отдельному чертежу), и если конструктивно узел размещается на нескольких высотных отметках или в разных помещениях (разнесенных территориально), то и работы выполняются сначала в одном помещении, затем в следующем и т.д.,

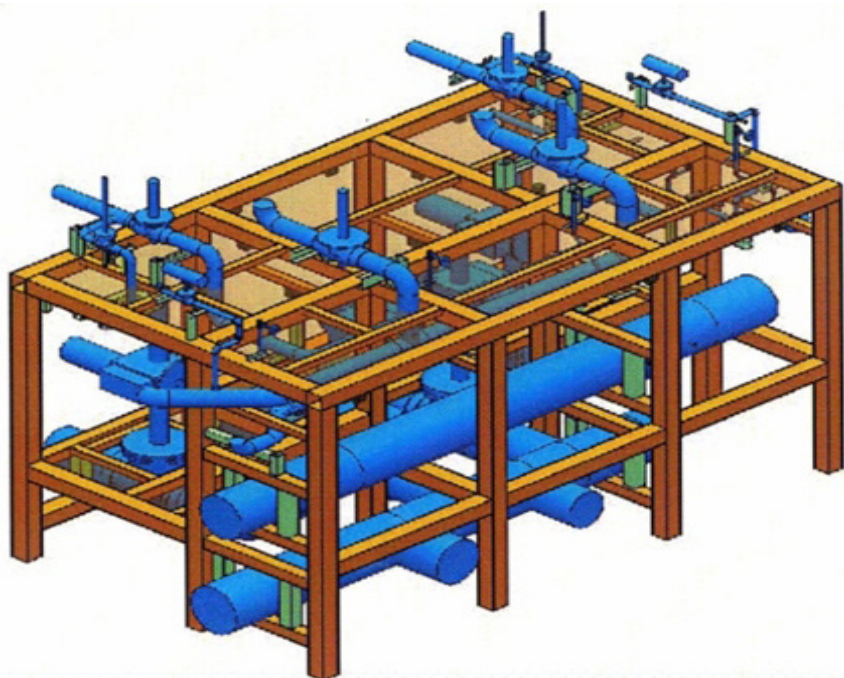


Рис.3 Трубопроводный модуль

что увеличивает затраты на передислокацию персонала, перенастройку оборудования и инструмента и т.п. Такой подход значительно увеличивает время проведения работ за счет постоянной передислокации бригады (необходимость часто перенастраивать сварочное оборудование, монтировать леса и подмости и т.п.). Побоксовый монтаж подразумевает выполнение всего объема работ в пределах выделенной монтажной зоны (бокса), относящихся к различным специализациям и системам, но находящихся в одном помещении (боксе). Внедрение побоксового монтажа позволит снизить непроизводительные потери времени и облегчает управление и контроль трудовыми ресурсами. Информационная модель монтажного бокса представлена на рисунке 2.

Применение технологии Open Top
Технология Open Top подразумевает заброску крупногабаритного оборудования и трубопроводных модулей краном на место монтажа до установки перекрытия. Данная технология широко применяется компании Тошиба и позволяет экономить большое количество времени, трудовых и машинных ресурсов за счет сокращения такелажных работ на этапе основного монтажа. В процессе создания Multi-D модели анализируется доступность тех или иных кранов в каждый момент времени с целью применения указанного принципа.

-Применение укрупненных трубопроводных модулей

Трубопроводный модуль представляет собой законченную конструкцию, объединяющую в себя элементы различных технологических систем, находящихся рядом друг с другом и опорный металлический каркас. Укрупнение в модуль осуществляется в случаях особенно высокой плотности трубопроводов в конкретном помещении, что серьезно затрудняет процесс монтажа на месте. Трубопроводный модуль изготавливается на участке предварительной сборки и закидывается в помещение краном с использованием технологии Open Top. Использование трехмерной модели позволяет определить участки с высокой плотностью трубопроводов и заложить решения по укрупнению в Multi-D модель. Пример укрупнения трубопроводов в модуль представлен на рисунке 3.

- Полевой инжиниринг и недельно-суточное планирование

Технология полевого инжиниринга позволяет обеспечить выполнение заложенных в Multi-D модель решений непосредственно на строительной площадке. Полевой инжиниринг включает в себя систему выдачи и контроля недельно-суточных заданий подрядчикам и обратную связь от исполнителей работ для корректировки разработанных графиков и накопления опыта. Каждая подрядная организация еженедельно получает набор заданий, где подробно описывается предстоящий ей объем работ. По факту выполнения зада-

ния, подрядчик заполняет соответствующий отчет, данные из которого фиксируются в календарно-сетевом графике. При невозможности выполнения задания, подрядчик совместно с подразделением, занимающимся планированием, разрабатывает компенсирующие мероприятия. Таким образом, совместно с исполнителями работ выявляются проблемы в разработанном календарно-сетевом графике и формируется база знаний, позволяющая избегать подобных проблем при строительстве последующих объектов.

Технология Multi-D объединяя в себе все вышеперечисленные принципы позволяет формировать гибкие сценарии монтажного процесса.

Последовательность создания Multi-D модели

Исходными данными для моделирования является информационная трехмерная модель сооружаемого объекта. Такая модель разрабатывается в проектных подразделениях с помощью специализированных САПРов и передается в подразделение, занимающееся Multi-D моделированием. Атрибутивная информация, содержащаяся в модели анализируется и обрабатывается с целью проведения нормирования.

Нормирование – это процесс присвоения каждому монтажному элементу трехмерной модели номера соответствующей ему расценки из нормативного справочника. При создании Multi-D моделей для проектов Ростов-3 и ВВЭР-ТОИ в ОАО «НИАЭП» в качестве базы данных нормирования использовались справочники ГЭСН, ФЕР и ЕНиР. По номеру расценки становится возможным определить норму времени (и, соответственно, трудозатраты на монтаж каждого элемента), а также стоимость выполнения работ данного типа. Таким образом, в результате нормирования, для каждого элемента трехмерной модели определяются трудозатраты и стоимость монтажа.

На основе атрибутивной информации, полученной из трехмерной модели, а также трудозатрат и стоимости выполнения работ формируется календарно-сетевой график сооружения. В качестве программного обеспечения для этих целей в ОАО «НИАЭП» используется Primavera. В процессе создания графика на каждый монтируемый элемент назначаются трудовые ресурсы, машины и механизмы, что позволяет определить длительность, даты старта и финиша для каждой работы.

Программное обеспечение, используемое в процессе Multi-D моделирования позволяет связывать трехмерную модель и разрабатываемый график сооружения. Таким образом, планировщик, выстраивая последовательность монтажа имеет возможность визуально оценить принятые им решения, разрешить возникающие коллизии, оптимизировать численность персонала и механизмов.

По окончании работ по планированию, формируется Multi-D проект, представляющий собой комплект следующей документации:

- календарно-сетевой график сооружения объекта, включая гистограммы распределения ресурсов;
- трехмерная модель объекта, связанная с графиком производства работ и позволяющая увидеть визуализацию процесса сооружения;
- поясняющие материалы, в том числе, подробные спецификации оборудования и материалов и обоснование расчета длительности работ.

Данный комплект документации передается на строительную площадку, где подразделения, занимающиеся полевым инжинирингом создают на его основе недельно-суточные задания, актуализируют разработанный график и осуществляют обратную связь с исполнителями работ.

К настоящему моменту, полностью закончена Multi-D модель для энергоблока №3 Ростовской АЭС. Было проработано 254 монтажных бокса в реакторном отделении и 18 монтажных зон в машинном зале. Проекты по отдельным боксам и зонам были собраны в общий календарно-сетевой график строительства.

Активно идет внедрение полевого инжиниринга непосредственно на строительной площадке. Например, в связи с задержкой поставки корпуса реактора, была проработана модель размещения блоков ГЦТ в гермообъеме до установки корпуса, что позволяет начать монтаж парогенераторов, сокращая потери времени в связи с образовавшейся задержкой.

Для проекта ВВЭР-ТОИ с помощью Multi-D модели было выполнено обоснование возможности сооружения энергоблока за 48 месяцев. В качестве исходных данных использовалась трехмерная модель стадии Проект, разработанная в ОАО "Атомэнергопроект".

В 2012 году было налажено единое

информационное пространство с ОАО "СПбАЭП", что позволяет начать разработку Multi-D модели для Балтийской АЭС и Белорусской АЭС. Кроме того, планируется применение технологии Multi-D при строительстве Нижегородской АЭС, Курской АЭС, АЭС Аккую в Турции. Таким образом, технология Multi-D может применяться при сооружении всех будущих энергоблоков, как на территории России, так и за рубежом.

Пути совершенствования технологии. Применение принципов Multi-D моделирования предъявляет очень жесткие требования к составу и наполнению проектной трехмерной модели. Необходимо внесение дополнительной атрибутивной информации в модель, избыточной с точки зрения традиционного выпуска рабочей документации, но необходимой для определения нормы времени и трудозатрат. Это ведет к необходимости изменения регламентов, определяющих порядок проектирования.

Если к настоящему времени в трех основных проектных институтах атомной отрасли для проектирования технологической части проекта используется одинаковое программное обеспечение – SmartPlant 3D в рамках пакета SmartPlant Enterprise от американской компании Intergraph, то в отношении строительной части такого единства нет. В ОАО "Атомэнергопроект" для этих целей применяется ПО Tekla, в ОАО "СПбАЭП" строительная часть проектируется в ПО Bentley Speedikon, а ОАО "НИАЭП" применяет Catia от Dassault Systems. Таким образом, при создании единого информационного пространства между АЭП-ами на первый план встает вопрос о взаимной интеграции этих программных решений. На данный момент единого интеграционного решения, позволяющего без потерь передавать данных между этими тремя программными продуктами и SP3D нет.

Другой важнейшей проблемой при разработке Multi-D моделей является отсутствие на данный момент полноценного коммерческого ПО для проведения моделирования. К настоящему времени

ни один вендор программных продуктов не может предложить решения, полностью удовлетворяющее принципам Multi-D технологии. Такое положение дел приводит к необходимости доработки существующего ПО под нужды Multi-D. Одной из задач, решаемых в рамках проекта ВВЭР-ТОИ, являлось создание единой среды моделирования. Были заключены договоры с компаниями Intergraph и Dassault Systemes о развитии возможностей программных продуктов SP Review, SP Construction и Delmia Process Engineer. К настоящему моменту большая часть доработок была выполнена и система Multi-D моделирования на базе решений Dassault и Intergraph успешно сдана в опытно-промышленную эксплуатацию. Но тем не менее, в процессе эксплуатации постоянно возникают новые требования к ПО и поэтому создание единой среды для моделирования к настоящему времени нельзя считать законченным.

Полноценное решение задач управления строительством на базе технологии Multi-D невозможно без тесной взаимосвязи разрабатываемых календарно-сетевых графиков и службы управления закупками и поставками оборудования и материалов. Проще говоря, на базе разработанной Multi-D модели должен рождаться график поставки оборудования и материалов на строительную площадку и график их закупки. В ОАО НИАЭП в настоящее время система, обеспечивающая такую связь проходит промышленно-опытную эксплуатацию. Данная система обеспечивает автоматическую передачу проектной потребности из проектирующих САПР-ов в службу управления закупками, при этом сроки, в которые оборудование должно быть поставлено на строительную площадку поступают из Multi-D модели.

Таким образом, подводя итоги, можно сказать, что технология Multi-D - это современная система управления сооружением сложных инженерных объектов. Применение этой технологии позволяет сокращать сроки и стоимость процесса строительства. Данная система постоянно совершенствуется и ее развитие может обеспечивать конкурентоспособность атомных станций российского производства на мировом рынке.

Диагностическое моделирование ГЦН ядерного реактора ВВЭР



Калининская АЭС. Фото ОАО «НИАЭП»

тема номера

Эффективность работы водо-водяного энергетического реактора (ВВЭР) определяется в значительной степени оптимальностью конструктивных решений отдельных агрегатов. Известно, что надежность и экономичность станции определяется надежностью работы главных циркуляционных насосов (ГЦН), которые обеспечивают прокачку теплоносителя через активную зону ядерного реактора.

О.В. Лебедев, А.М. Панкин, К.В. Батанин
ЛАЭС-2, Институт ядерной энергетики, г. Сосновый Бор

Реакторная установка ВВЭР представляет собой двухконтурную систему. В первом контуре располагается: реактор и его активная зона, компенсатор объема, парогенератор (ПГ) (экономайзер ПГ, испаритель ПГ), главный циркуляционный насос. В состав второго контура входят цилиндры высокого давления (ЦВД) и низкого давления (ЦНД) турбины, пароперегреватель, электрогенератор, конденсатор, система очистки конденсата и деаэрактор. Насосы обеспечивают циркуляцию теплоносителя в реакторе, парогенераторах и вспомогательных контурах. Надежность эксплуатации реактора, его работоспособность в нормальных, переходных и аварийных режимах, работоспособность вспомогательного охлаждающего оборудования непосредственно зависит от наличия циркуляции теплоносителя и других охлаждающих сред, т.е. от работоспособности насосов.

Работоспособность ГЦН ядерного реактора и других насосных агрегатов зависит от технического состояния, в котором в данный момент времени находится то или иное оборудование [1]. Поскольку с течением времени под воздействием внешних факторов это состояние изменяется, то в какой-то момент насосы и другие технические объекты на АЭС подходят к своему предельному состоянию.

Предельное состояние технических объектов, которые выступают в роли объектов диагностирования (ОД), определяется на основе введенного набора диагностических признаков (ДП) объекта. Текущие значения ДП сравниваются с предельно возможными значениями этих величин. На основе проведенного анализа делается вывод о работоспособности контролируемого объекта или о запасе его работоспособности.

Полученная информация позволяет осуществлять переход на стратегию «технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) оборудования» по фактическому состоянию взамен существующей в настоящее время стратегии ТО и Р по регламенту. Переход на новую стратегию, которая вводится на всех

АЭС Российской Федерации и принята для реализации на зарубежных АЭС, позволит повысить экономичность наших станций и избежать более тяжелых последствий, вызванных внезапным отказом оборудования.

Необходимо заметить, что понятие «внезапность» чаще всего возникает применительно к тому оборудованию, которое не подвергается мониторингу и контролю технического состояния в течении его срока эксплуатации.

Для решения поставленной задачи предлагается в первую очередь создать математическую модель диагностируемого оборудования, в нашем случае это будет насос. Далее следует определиться с теми величинами, которые будут доступны для измерений в процессе эксплуатации данного объекта. После этого нужно установить набор диагностических признаков ОД и на основе математической модели объекта определить связи между непосредственно измеряемыми величинами и введенными ДП. Таким образом, получается диагностическая модель объекта диагностирования. Для определения области работоспособности объекта требуется установить интервалы допустимых значений ДП, т.е. интервалы тех значений, при нахождении в которых объектом выполняются все его рабочие функции на достаточном уровне и с требуемым качеством [2]. Это может быть установлено с помощью математической модели объекта.

В данной работе рассматривается задача создания математической модели насоса, входящего в состав оборудования АЭС. По-видимому такой подход может быть использован в диагностических целях и для насосов другого назначения.

Программа, реализующая алгоритм в достаточной мере упрощенной математической модели, написана в программной среде «MATLAB».

В данном варианте программы используются следующие входные величины, которые в диагностических целях могут варьироваться:

- частота вращения вала, [об/мин] (зависит от типа электродвигателя);
- давление на выходе из насоса, [Па]

- (зависит от типа насосного агрегата);
- давление на входе в насос, [Па] (зависит от типа насосного агрегата);
- высота расположения центра входного сечения, [м];
- высота расположения центра выходного сечения, [м];
- плотность воды при определенной температуре, [кг/м³];

- радиус крыльчатки, [м] (берется из данных конструкторских расчетов на данный

тип агрегата или вводится условно, исходя из возможных геометрических параметров);

- коэффициент полезного действия;
- скорость потока жидкости на входе, [м/с];

- скорость потока жидкости на выходе, [м/с];

- входной и выходной диаметры трубопровода, соединенные непосредственно с насосом, [м];

Выходные величины:

- производительность или подача, [м³/с];

- напор насосного агрегата, [м];
- потребляемая мощность насоса, [Вт].

Данная модель не претендует на точность конструкторских расчетов, проводимых при создании промышленных образцов насосных агрегатов. Тем не менее ее использование в диагностических целях позволяет оценить связи между измеряемыми величинами и входными величинами, определенными как ДП. Это представляет достаточно актуальную задачу, поскольку в настоящее время при контроле технического состояния роторного оборудования на АЭС в основном используются методы виброконтроля по величине виброскорости и методы частотного анализа виброшума. А такой подход не дает оснований для возможностей оценки остаточного ресурса

оборудования при переходе на ТО и Р по фактическому состоянию.

Работа по созданию диагностической модели насосного оборудования будет продолжена.

Источники:

1. Калявин В.П., Панкин А.М. Основы теории надёжности и технической диагностики элементов и систем ЯЭУ. СПб., Изд-во Санкт-Петербургского гос. политехнического ун-та, 2007.
2. Панкин А.М. Некоторые вопросы методологии диагностирования непрерывных технических объектов. Труды междунар. симпозиума «Надежность и качество». Пенза 24.05-31.05.2010. Т. 1. С. 42-48.

Отечественная СПЗО АЭС

Автор: Ситников Сергей Львович, к.т.н., Академик АПК
Генеральный директор ООО «Следящие тест-системы»



Монтаж армопучков на НВАЭС-2

Система преднапряжения защитной оболочки (СПЗО) АЭС относится ко 2-му классу безопасности и является последним четвертым барьером препятствующим распространению радионуклеидов и ионизирующего излучения за пределы зоны локализации аварий при проектных и запроектных авариях. Основным силовым элементом железобетонной защитной оболочки являются армопучки из высокопрочных арматурных канатов, которые исключают возникновение растягивающих напряжений в бетоне при повышении давления внутри оболочки при аварии. Первые СПЗО на ВВЭР-1000 приме-

няли армопучки состоящие из 450 паралельных проволок диаметром 5 мм. с усилием натяжения до 950 тон. По многолетнему опыту монтажа и эксплуатации пучков из паралельных проволок выявились ряд недостатков, а именно:

- технология формирования пучка из 450 проволок;
- конструкция фиксации проволок, как через «коуш», так и с помощью «высаженных головок»;
- неравномерность распределения усилия натяжения 950 тон между 450 проволоками;
- релаксация материала проволок в

течении эксплуатации СПЗО; - несовершенная система коррозионной защиты армопучка.

В связи с большой эффективностью применением технологии преднапряжения железобетона в строительных конструкциях, в 60 годы прошлого столетия, была разработана новая технология преднапряжения. На базе 5 мм. проволоки был создан витой арматурный канат из 7-и 5 мм. проволок и далее в качестве повышения прочностных свойств стали применять стабилизированные канаты с временным сопротивлением разрыву 1860 МПа (ГОСТ Р 53772, EN10138.3), вместо 1670 МПа у не стабилизированных канатов (15К7 ГОСТ 13840). На сегодняшний день ОАО «Северсталь-метиз» отработал полный цикл технологии изготовления отечественных стабилизированных армоканатов, в том числе «пластически» обжатых, что позволяет полностью отказаться от импортных канатов. Фиксация каждого отдельного арматурного каната в анкере обеспечивается с помощью индивидуального клинового зажима, что исключает лавинообразный обрыв всего пучка в случае обрыва одного каната, как в схеме армопучка из паралельных проволок.

Применение пучков из арматурных канатов в СПЗО широко применяется во всех странах имеющих АЭС. Но Российские нормативные требования зачастую принципиально отличаются от иностранных. Например, в европейских СПЗО арматурный пучок из высокопрочных канатов инъецируется цементным раствором, т.к. в европе отсутствует требование о ремонтпригодности армопучков, в отличие от России. В последнее время в европе стали применять арматурный канат в полиэтиленовой трубке также с инъецированием, для возможности дотягивания в процессе эксплуатации. В СПЗО «Проект 2006» была внесена европейская СПЗО со всеми контруктивными, технологическими и нормативными недоработками. Начиная с 2010 года специалистами ООО «СТС» были выполнены ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по разработке отечественной системы СПЗО.

С АО «Концерном «Росэнергоатом» была выполнена НИОКР на тему: «Разработка клиновой анкерной системы для преднапряжения железобетонных защитных оболочек (СПЗО) реакторных отделений по проекту АЭС-2006», с АО «Атомэнергопроект» выполнена НИОКР на тему: «Разработка и обоснование конструктивных решений отечественной системы предварительного напряжения защитной оболочки РО» на специально построенном стенде Защитной Оболочки в натуральную величину.

В соответствии с Российскими нормами на проектирование СПЗО и опыта проектирования и выполнения работ на более чем 300 искусственных сооружениях с преднапряжением, был разработан армопучок из 55 арматурных канатов и проведены прочностные расчеты напряженно-деформированного состояния системы: армоканаты - анкер - местное армирование - железобетон. В качестве местного армирования применена спираль из арматуры периодического профиля, которая наиболее эффективно воспринимает растягивающие напряжения в бетоне от усилия натяжения армопучка и повышает качество монтажа при монтаже спирали, в отличие от монтажа рядов сеток арматуры или нескольких рядов специальных хомутов. На рис.1 Представлены материалы расчетов напряженно-деформирован-

ного состояния системы.

В соответствии с Российскими нормами по испытаниям анкеров, был разработан и построен силовой железобетонный стенд для прочностных испытаний армопучков с усилием до 2500 тон. Для создания разрывного усилия 55 прядевого армопучка применялись 4 гидродомкрата ДН-19, с общим усилием натяжения 1800 тон. Особенностью разработанного российского армопучка СПЗО является применение пластически обжатых арматурных канатов с более высоким разрывным усилием, чем у канатов с круглыми проволоками, что позволило повысить коэффициент надежности армопучка на 10%. На комиссионных испытаниях с представителями АО «АЭП», АО «Концерн Росэнергоатом»; АО НПО «Цниитмаш»; «НИИЖБ» ФГУП «НИЦ «Строительство»; «ВНИИАЭС» и ООО «СТС», были проведены приёмочные (механические) испытания трёх опытных образцов армопучка АП-55. Нагружение армопучка производилось до обрыва первой проволоки у любого из 55 канатов. По результатам прочностных испытаний комиссия сделала заключение: «Армозлементы для СПЗО из 55 компактированных канатов diam. 15,2 мм., опорного стакана ОС-55, обоймы АК-55 и клиновых

зажимов обеспечивают агрегатную прочность пучка из 55 арматурных канатов не менее 95% и могут быть переданы в эксплуатацию». В связи с уникальностью построенного стенда для России, на нем также были проведены прочностные испытания специальных силоизмерителей ПСИ-01, ПСИ-02 на 1000 и 1300 тон соответственно, производства ОАО НИИ «Контрольприбор», используемых для мониторинга за напряженно-деформированным состоянием СПЗО в процессе эксплуатации.

Дальнейшее развитие отечественной СПЗО, по отработке конструктивных решений и технологий монтажа и эксплуатации, было продолжено в программе выполнения договора НИОКР на полноразмерном железобетонном стенде защитной оболочке. Конструктивные решения при проектировании достаточно часто не учитывают технологические вопросы при выполнении строительно-монтажных работах, а для СПЗО имеющей длины пучков по 150 метров и разновысотность расположения пучков в 61 метр приходится применять особые технологические приемы. Специально построенный для этих целей стенд позволил исследовать ряд проектных, конструктивных и технологических вопросов по СПЗО, а именно:

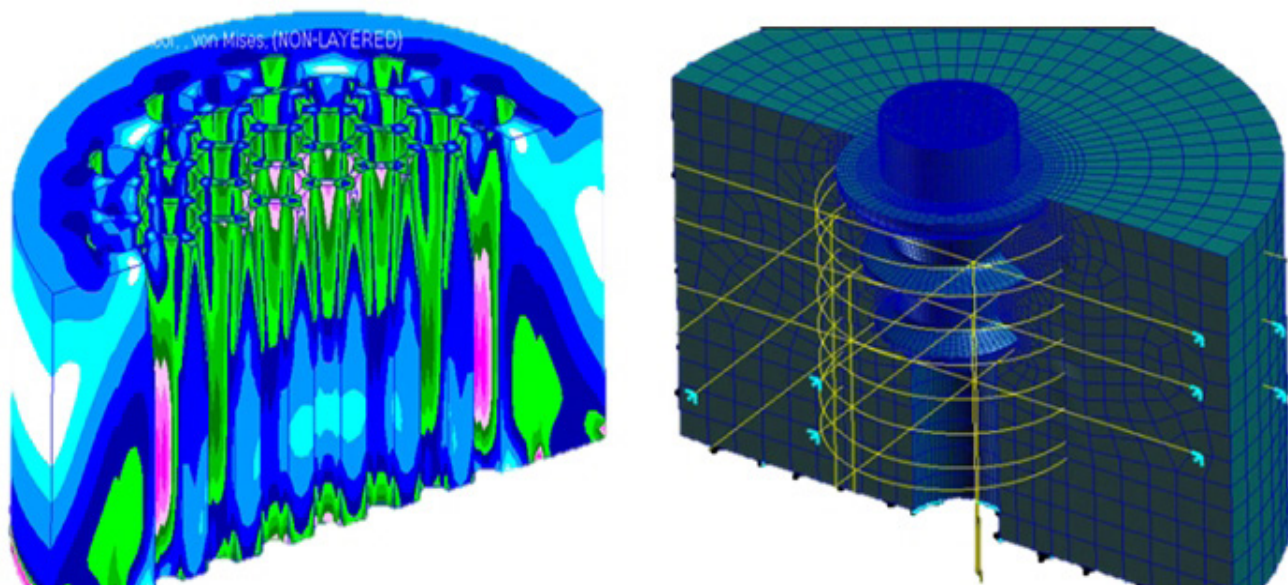


Рис. 1 Определение напряженно деформированного состояния системы.



Натяжение армопучка из 55 арматурных канатов на стенде

- монтаж и демонтаж армопучков из 55 канатов различными способами;
- потери на трение различных типов канатов (в полиэтиленовой трубке и без) в различных типах каналобразователей (полиэтиленовых и гофрированных металлических) с различной кривизной;
- температурные процессы в бетоне при бетонировании защитной оболочки;
- различные технологии монтажа высокопрочных канатов;
- распределение усилия натяжения между канатами в пучке;
- напряженно деформированное состояние оболочки измеренное силоизмерителями ПСИ-02 на анкере и специальными оптиковолоконными датчиками в бетоне по длине пучка;
- антикоррозионная защита армопучка в процессе эксплуатации;
- ремонтпригодность армоканатов после натяжения пучка;
- измерение усилия в пучке в процессе эксплуатации с помощью специального гидродомкрата «Отрыв 55»;
- исправление последствий нарушения полиэтиленовой трубки канатов;
- технология инъектирования каналобразователей;
- новые технологии антикоррозийной защиты армоканатов;
- технология натяжения армопучков и пр.

Результаты работ по созданию отечественной СПЗО внесены в рабочую документацию на НВАЭС-2 и БалтАЭС и успешно реализуются в соответствии с графиком строительства.

Впервые на НВАЭС-2 успешно применена принципиально новая технология монтажа армопучков в каналобразова-

тели. Монтаж горизонтальных пучков производился до укладки бетона, что позволило исключить проблемы с непроходимостью каналобразователей после бетонирования, которые имели место быть на целом ряде СПЗО в России и за рубежом. Тщательная проработка технологии и подготовка необходимого оборудования позволила достичь темпа монтажа армопучка из 55 арматурных канатов 3 штук в световой день.

Отечественная СПЗО уже показала свою эффективность в экономическом и технологическом плане по сравнению с импортной системой, а именно:

1. Сокращение стоимости только поставки комплектующих СПЗО на один блок, более 60 млн. рублей;
2. Исключение затрат на аренду (с временным ввозом) специального импортного оборудования для выполнения работ по монтажу армоканатов, изготовления каналобразователей, инъектирования каналов и натяжения армопучков;
3. Энергобезопасность АЭС РФ за счет применения всех отечественных комплектующих и специального оборудования СПЗО;
4. Соответствие СПЗО Российским нормативным документам и проекту;
5. Технологичность монтажа армопучков СПЗО исключающая задержки сроков строительства;
6. Загрузка работой отечественных заводов и строителей.

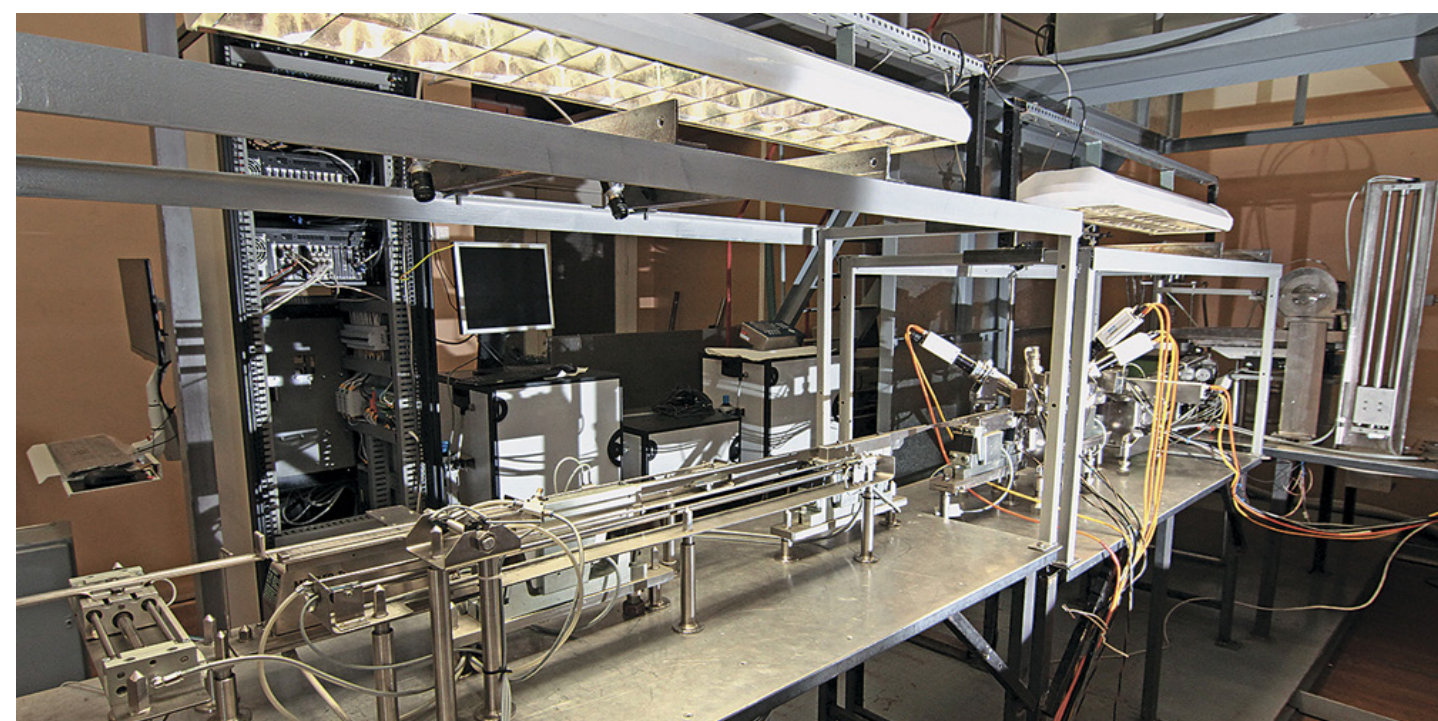
В настоящее время отечественная система СПЗО, разработанная ОАО «Атомэнергопроект» и ООО «СТС», заложена в основу СПЗО реакторных зданий

АЭС ВВЭР-ТОИ. Специалисты ООО «СТС» входят в состав рабочей группы по строительно-монтажным технологиям для сооружения АЭС с ВВЭР ТОИ. Дальнейшее развитие отечественной СПЗО продолжается, и на очереди поставлены следующие программы: разработка армопучков с большим усилием натяжения (в том числе с карбоновыми канатами); система мониторинга за усилием натяжения армопучков на всем периоде эксплуатации в 60 лет; обеспечение нормативных термо-физических процессов при бетонировании преднапряженной защитной оболочки без трещин и «холодных швов»; проработка конструкции армопучков с учетом технологии ускоренного монтажа и ремонта армопучков. Важнейшим направлением развития технологии СПЗО является разработка соответствующего стандарта СРО «Союзатомстрой». Действующие нормативы РФ на преднапряжение, указанные выше, не дают однозначных ответов конструкторам, проектировщикам, изготовителям, Заказчику и Генподрядчику на возникающие конкретные вопросы.

Именно поэтому, возник запрос на стандарт СПЗО в рамках СРО. В структуре стандарта заложены требования к конструированию, строительству, эксплуатации и ремонту, принята принципиально новая архитектура построения стандарта, условно названная «вертикально интегрированная», в которой сведены воедино требования по конструированию, изготовлению, строительству-монтажным работам, ремонту и эксплуатации СПЗО.

Получение МОКС-топлива как один из этапов замыкания ядерного топливного цикла

*Г. А. Кравченко, С. В. Рассамагин,
С. В. Русанов, И. Ю. Косарев
ФГУП «Горно-химический комбинат»*



Установка контроля качества таблеток МОКС-топлива (фото: <http://vestnik-aem.ru/>)

1В настоящее время в связи с исчерпанием запасов U235 (как рудных, так и складских) все большее внимание привлекает Pu239 как основа будущего реакторного топлива, поскольку 1 грамм плутония эквивалентен 100 граммам извлеченного из ОЯТ урана, 1500–3000 кубометрам природного газа, 2–4 тонна угля или 1 тонне нефти. В настоящее время в мире работают 430 ядерных реакторов, из которых ежегодно выгружают около 10 000 тонн отработанного ядерного топлива (ОЯТ), содержащего 70 тонн плутония.

Согласно приблизительным оценкам 92 тонны оружейного плутония достаточно для замены 11 040 тонн природного урана. 252 тонны энергетического плутония позволяют заменить 30 240 тонн природного урана. В то же время плутоний является опасным радиоактивным материа-

лом, который может быть использован и для создания ядерных зарядов. Поэтому его накопление не только расточительно, но и опасно. Общее количество плутония, хранящегося в мире на начало XXI в. во всевозможных формах, оценивается в 1239 тонн, из которых значительная часть находится в отработанном ядерном топливе АЭС.

Уже сейчас более 120 тысяч тонн ОЯТ находится в хранилищах, а к 2020 г. его будет 450 тысяч тонн. Проблема обращения с плутонием является частью общего процесса ядерного разоружения, в ходе которого в России и США высвобождаются значительные количества оружейных делящихся материалов – высокообогащенного урана и плутония.

Все стадии функционирования ядерного топливно-энергетического комплек-

са, такие как производство топлива для ядерных реакторов, подготовка его к использованию, сжигание топлива в реакторе, утилизация отработанного топлива, промежуточное хранение, вместе взятые составляют так называемый ядерный топливный цикл (ЯТЦ).

Ядерный топливный цикл подразделяется на два вида: открытый (разомкнутый), нацеленный на захоронение отработанного топлива и радиоактивных отходов, и закрытый (замкнутый), предусматривающий переработку отработанного топлива и других отходов предприятий ядерной индустрии с целью выделения ценных элементов. Этапы замкнутого ЯТЦ включают выдержку отработанного ядерного топлива на территории АЭС в течение 3–10 лет;

временное контролируемое хранение ОЯТ в автономных хранилищах при радиохимическом заводе (сроком до 40 лет), переработку ОЯТ с выделением из него отдельных (или суммы) делящихся нуклидов и продуктов деления, представляющих коммерческий интерес, отверждение и захоронение отходов.

Переработка ОЯТ даёт некоторые экономические выгоды, восстанавливая неиспользованный уран и вовлекая в энергетику наработанный плутоний. При этом уменьшается объем высокоактивных и опасных отходов, которые необходимо надлежащим образом хранить. В ОЯТ содержится примерно 1 % Pu. Это очень хорошее ядерное топливо, которое не нуждается ни в каком процессе обогащения, оно может быть смешано с обедненным ураном и поставляться в виде свежих топливных сборок для загрузки в реакторы. Его можно использовать для загрузки и в реакторы на быстрых нейтронах [1].

В разомкнутом (открытом) ЯТЦ отработанное ядерное топливо считается высокоактивным радиоактивным от-

ходом и вместе с остаточными делящимися изотопами исключается из дальнейшего использования – поступает на хранение или захоронение.

Разомкнутый ЯТЦ характеризуется низкой эффективностью использования природного урана (до 1 %).

К преимуществам замкнутого ЯТЦ относят возврат в энергетику дорогостоящих делящихся материалов – U и Pu, что обеспечит атомную энергетику топливом. Кроме того, объемы высокоактивных отходов, предназначенных для вечно-го захоронения, гораздо меньше после переработки ОЯТ, чем объемы отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) без их переработки. Очевидно, что любой ядерный топливный цикл – дорогостоящее и опасное производство. Выбор оптимального варианта ЯТЦ – серьезная проблема для страны и мира в целом.

Из 34 стран в настоящее время лишь Индия, Япония, Англия, Россия, Франция перерабатывают отработанное ядерное топливо

на своих предприятиях. Большинство стран, включая Канаду, Финляндию, Германию, Италию, Нидерланды, Швецию, Швейцарию, Испанию, США и КНР, либо хранят ОЯТ, либо передают ОЯТ на переработку другим странам.

Реакторы типа ВВЭР, РБМК и БН сегодня составляют основу российской атомной энергетики и, вероятно, будут играть ту же роль в первой половине XXI в. В настоящее время они используют оксидное топливо.

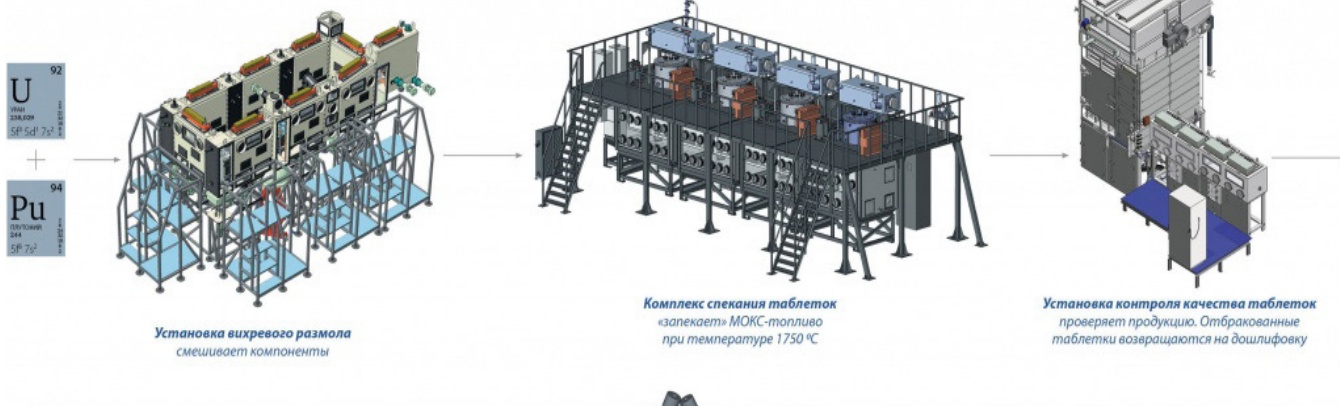
В связи с этим представляется весьма логичным, что в планах инновационного развития Госкорпорации «Росатом», изложенных в федеральной целевой программе «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010–2015 годов и на перспективу до 2020 года», проекты по разработке плотного топлива сочетаются с промышленным освоением и внедрением смешанного оксидного (МОКС) топлива.

Для производства МОКС-топлива разработано множество методов:

КАК ЭТО РАБОТАЕТ

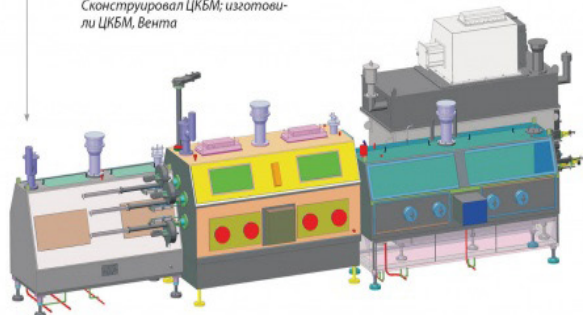
1. БЛОК ПРОИЗВОДСТВА ТАБЛЕТОК МОКС-ТОПЛИВА

Сконструировал СвЕРДИИХИММАШ; изготовили СвЕРДИИХИММАШ, ВЕНТА



2. БЛОК ПРОИЗВОДСТВА ТВЭЛОВ С МОКС-ТОПЛИВОМ

Сконструировал ЦКБМ; изготовили ЦКБМ, ВЕНТА



Камера снаряжения и герметизации твэлов
осуществляет автоматизированную сборку тепловыделяющих элементов. Основная «начинка» – таблетки МОКС-топлива



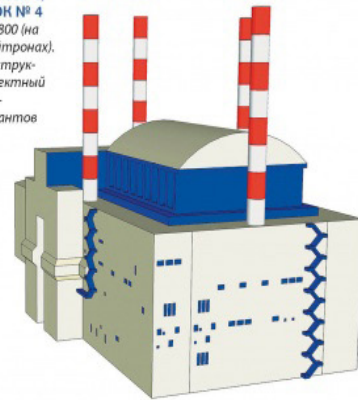
30
тысяч
таблеток
в сутки

3. БЕЛОРЯСКАЯ АЭС, ЭНЕРГБЛОК № 4

Реактор БН-800 (на быстрых нейтронах).
Главный конструктор и комплектный поставщик – ОКБМ Африкантов



80
твэлов
в смену



механическое смешивание и совместный размол порошков PuO_2 и UO_2 ; золь-гель – технология; гранулирование осадков гидроксидов; аммоний-карбонатное соосаждение; плазмохимическая конверсия; пироэлектрохимический процесс получения гранулированного смешанного диоксида (твердого раствора) с последующей виброупаковкой в оболочке ТВЭЛов и др.

В случае применения механического смешивания оксидов на качество спеченной МОКС-таблетки (плотность, пористость, гомогенность распределения металлов, однородность образовавшихся твердых растворов) определяющее влияние оказывают физико-химические свойства керамических компонентов – оксидов урана и плутония [2].

Наиболее приемлемой химической формой плутония при использовании его в качестве топлива для энергетических реакторов является двуокись плутония PuO_2 в смеси с двуокисью природного либо обедненного урана UO_2 . Смешанное оксидное топливо, или МОКС ($PuO_2 + UO_2$), используется в двух типах реакторов – в реакторах на быстрых нейтронах (БН) и в легководных реакторах (ЛВР).

Концентрация плутония в МОКС-топливе для реакторов на БН существенно выше – в их топливе содержание плутония в топливе составляет 20 %. Таблетки МОКС можно изготавливать путем механического мешивания исходных порошков диоксидов урана и плутония с образованием «основной смеси» UO_2-PuO_2 . Использование смешивающего аппарата позволяет сократить время смешивания с 16–24 ч до нескольких минут при одновременном измельчении и уплотнении частиц порошка. Содержание плутония в смеси затем корректируется для использования в реакторе путем добавления UO_2 . Эта технология обеспечивает получение гомогенной структуры таблеток с повышенной плотностью.

Исторически в СССР, а ныне в Российской Федерации разрабатывались и обосновывались две технологии формирования топливного стержня ТВЭЛ ядерного реактора: таблеточная технология и технология виброуплотнения. Каждая из них имеет свои преимущества и недостатки. Таблеточная технология МОКС-топлива представляет собой проекцию давно и успешно освоенной технологии урановой «таблетки» на изготовление смешанного оксидноуран-плутониевого

топлива. Преимуществом данной технологии является то, что «таблетки» как продукт отдельного передела хорошо поддаются контролю. Кроме того, уже получен значительный положительный опыт фабрикации и облучения экспериментальных тепловыделяющих сборок (ТВС) с таблеточным топливом в активной зоне реактора БН-600.

К числу недостатков можно отнести чувствительность технологии к примесям и целевым добавкам, например, при реализации замкнутого цикла с трансмутацией минорных актинидов.

Реализации процесса получения таблеточного МОКС-топлива, используемого в энергетических ядерных реакторах в промышленных масштабах, должен предшествовать процесс разработки технологии его производства.

Несмотря на то, что процесс производства таблеточного смешанного оксидноуран-плутониевого топлива давно освоен и изучены основные закономерности операций технологического процесса, новое производство с учетом всех особенностей и конкретных требований предприятий, выпускающих топливо, и предприятий, потребляющих это топливо, требует освоения и проверки на опытном промышленном участке. В России в мире нет опыта получения таблеточного МОКС-топлива в печах садочного типа с загрузкой 15–20 кг, и как следствие отсутствуют данные по керамическим свойствам полученного продукта.

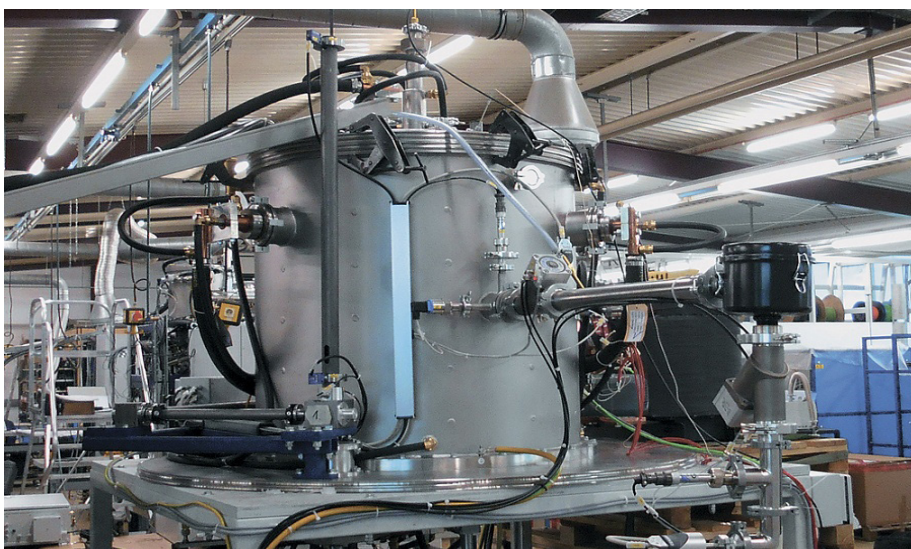
Для решения этой задачи, а также с целью пуска производства таблеточного МОКС-топлива в декабре 2014 г. (в соответствии с ФЦП «ЯЭТНП») и обеспечения требуемой производительности для топливообеспечения реакторной установки БН-800

(Белоярская АЭС) выбрана площадка ФГУП «ГХК» для размещения опытного стенда в выработках Радиохимического завода.

Библиографические ссылки

1. Котельников Р. Б., Башлыков С. Н., Каштанов А. И., Меньшикова Т. С. Высокотемпературное ядерное топливо. М.: Атомиздат, 1978.
2. Ма Б. М. Материалы ядерных энергетических установок. М.: Энергоатомиздат, 1978.
3. Бобылев А. И. и др. Атомная энергия. 2003. Т. 95, № 4. С. 301–305.
4. Жиганов А. Н. и др. Технология диоксида урана для керамического ядерного топлива. Томск: СТП, 2002. С. 61–91.

По материалам журнала «Исследования НАУКорграда»



Печь спекания таблеток МОКС-топлива (фото: <http://vestnik-aem.ru/>)

В практике технологии строительства АЭС за рубежом превалируют два подхода

Своим взглядом на зарубежный опыт сооружения АЭС поделился Анатолий Лапин, заместитель начальника отдела организации и технологии строительства ЗАО «Институт «Оргэнергострой»

Первый подход: возведение стен и перекрытий с армированием их отдельными стержнями и последующим заполнением армокаркасов монолитным бетоном с использованием съемной опалубки. Схема механизации работ предусматривает использование для этой цели легких башенных кранов. Монтаж укрупненными блоками применяется только для элементов металлической облицовки защитной оболочки. Для обеспечения этих подъемов на ограниченный период привлекаются большегрузные краны.

Второй: возведение элементов здания из плоских и объемных монтажных модулей, предварительно собираемых на площадке укрупнительной сборки. В состав модулей помимо строительных конструкций включены элементы оборудования. Для монтажа модулей на весь период строительства устанавливаются большегрузные краны. Успешность первого варианта во многом зависит от численности рабочих, занятых на строительных работах и наличия резервов в рабочих кадрах для ведения работ при отставании от намеченного графика. Этот вариант может успешно использоваться в странах с большой численностью населения, образовательный уровень которого допускает использование его в качестве неквалифицированной и низкооплачиваемой рабочей силы (Китай, Индия).

Опыт реализации французского проекта в Финляндии свидетельствует, что ограниченная численность рабочих кадров и проблемы с качеством выполняемых работ приводят к срывам в сроках строительства. Так при строительстве блока Олкилуото-3, сооружаемого с применением технологии армирования одиночными стержнями и съемной опалубки, ожидаемое отставание по срокам его ввода в эксплуатацию составит 3 года. Ряд зарубежных источников утверждают, что в итоге бюджет строительства Олкилуото-3 превысит на 70-100% сумму, указанную в контракте.

Успешность второго варианта должна

обеспечиваться всеми этапами строительного цикла, начиная от стадии проектирования. Важная роль должна отводиться координации работ по поставкам комплектующих, возведению строительных конструкций и монтажу оборудования (как на стадии укрупнения, так и в период монтажа модулей в проектное положение).

Особое внимание должно уделяться качеству работ, точности сборки и монтажа модулей и технологичности выполнения стыковочных узлов. Грузоподъемные возможности монтажных кранов должны соответствовать весовым характеристикам собираемых модулей.

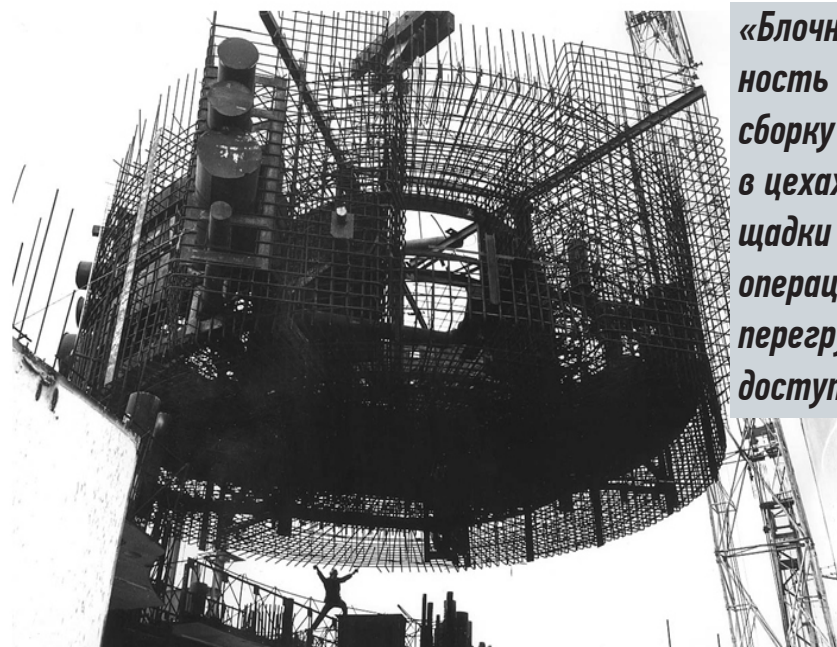
Опыт строительства АЭС в Китае, Индии, Финляндии свидетельствует о том, что выбор поставщиков оборудования требует очень тщательного подхода. Задержки в поставках и дефекты оборудования способны свести на нет любые эффекты от индустриализации строительных решений.

Реализация второго варианта может быть успешной в условиях промышленно развитой инфраструктуры и хороших транспортных схем поставки материалов и оборудования, а также при наличии квалифицированных рабочих кадров их

комплектности в подрядных организациях, ведущих работы на объекте. Изучение зарубежного и отечественного опыта строительства АЭС свидетельствует о том, что без использования промышленных методов строительства сроки ввода современных энергоблоков в эксплуатацию, составляют 6 – 8 лет. Причем 6-летний период строительства достигается, только в случае привлечения большой численности рабочего персонала (до 12 – 15 тыс. рабочих). Технология крупноблочного монтажа заключается в производстве строительномонтажных работ с использованием заранее изготовленных модулей строительных конструкций и оборудования. Блочное строительство дает возможность проводить механизированную сборку оборудования и электромонтаж в цехах за пределами строительной площадки параллельно со строительными операциями, снижая, таким образом, перегруженность площадки и улучшая доступность зоны работ для персонала. Все эти факторы позволяют существенно сократить продолжительность строительства АЭС.



Укрупнительная сборка блока конструкций гермозоны на строящейся по проекту AP 1000 АЭС в Китае



Запорожская АЭС. Монтаж объемного блока шахты реактора

В качестве примера сооружения энергоблоков АЭС с применением плоских и объемных монтажных модулей, предварительно собираемых на площадке укрупнительной сборки можно привести блоки Запорожской и Балаковской АЭС. В настоящее время ведется строительство Нововоронежской АЭС-2 и Ленинградской АЭС-2. В процессе строительства НВАЭС-2 стало понятно, что использование армирования отдельными стержнями и стандартной съемной опалубки значительно замедляют темпы производства работ. Начиная с отм. + 0.00м ОАО «Атомэнергопроект» совместно с ЗАО «Институт «Оргэнергострой» приступили к разработке рабочих чертежей арматурных и армоопалубочных блоков с несъемной стальной опалубкой (для стен ЗЛА и конструкций внутренней защитной оболочки). Проектная документация АЭС с ВВЭР-ТОИ разработана в развитие проекта НВАЭС-2 с использованием наиболее перспективных методов сооружения строительных объектов на основе передового зарубежного и отечественного опыта в области использования современных технологий, прошедших апробацию и использующихся в мире на строительстве объектов энергетики. Принятые подходы к технологии и конструктивным решениям строительных конструкций позволяют перенести большую часть трудозатрат при строительстве АЭС в заводские условия, повысить темпы строительства. Для реализации решений, принятых в про-

екте АЭС ВВЭР-ТОИ и обеспечения строительства АЭС ВВЭР-ТОИ с применением крупногабаритных армоопалубочных блоков строительных конструкций повышенной заводской готовности, применения современных технологий необходимо выполнить некоторые работы.

Для возможности практического применения фибробетонной несъемной опалубки при реализации проекта ВВЭР-ТОИ необходимо разработать проект, изготовить технологическую линию по производству фибробетонной тонкостенной опалубки, а также отработать технологию изготовления и выпуск опытных образцов фибробетонной тонкостенной опалубки.

В проекте АЭС ВВЭР-ТОИ предусмотрено устройство стыков арматурных стержней армоблоков с помощью петлевого стыка и резьбовых муфт. Основными преимуществами таких стыков являются небольшие временные затраты на выполнение операции стыковки арматурных стержней, отсутствие потребности в сварочных работах, высококвалифицированных рабочих. Однако для возможности выполнения стыков на резьбовых муфтах необходима высокая точность изготовления и монтажа арматурных (армоопалубочных) блоков, а также установки выпусков арматуры из перекрытия в плане и по высоте. Сооружение АЭС ВВЭР-ТОИ в заданные проектом сроки невозможно без применения крупных, сложных

«Блочное строительство дает возможность проводить механизированную сборку оборудования и электромонтаж в цехах за пределами строительной площадки параллельно со строительными операциями, снижая, таким образом, перегруженность площадки и улучшая доступность зоны работ для персонала»

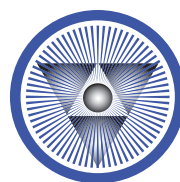
армоопалубочных блоков (армокаркасов). Своевременная разработка конструктивных решений и отработка технологии их изготовления, монтажа и стыковки, являются решающим фактором, определяющим сроки строительства АЭС.

Для установки основного крупногабаритного тяжеловесного оборудования реакторной установки строительными кранами на стадии совмещенных строительномонтажных работ необходимо разработать нормативный документ, подробно регламентирующий перечень работ и условия, которые необходимо соблюдать при выполнении тех или иных видов работ по монтажу основного оборудования.

На сегодняшний день часть технических решений строительных конструкций, принятые в проекте ВВЭР-ТОИ, отработаны на строительстве НВАЭС-2. Применение арматурных и армоопалубочных блоков, несомненно, сократило продолжительность выполнения СМР. Однако принятые в проекте конструктивные решения блоков строительных конструкций в связи со значительной сложностью выполнения работ при их изготовлении и стыковке, вероятно, не позволят обеспечить длительность основного периода строительства реакторного здания в 40 месяцев.

Необходимы другие подходы к конструктивным решениям блоков строительных конструкций, которые бы позволили упростить сборку, монтаж, стыковку и бетонирование монтируемых фрагментов и применить крупногабаритные объемные жесткие блоки. Такого типа конструкции применяются при строительстве отечественных унифицированных блоков ВВЭР-1000 и применяются в настоящее время за рубежом (в корейских и американских проектах).

№ 26 май-июнь 2016



АТОМНОЕ **строительство**

Журнал строительного комплекса атомной отрасли