

УДК

**ДОБРОВОЛЬСКИЙ Н.А.**  
Управляющий филиалом ВНИПИЭТ  
АО «Атомэнергопроект»  
**СКОКОВ А.В.**  
Главный инженер филиала ВНИПИЭТ  
АО «Атомэнергопроект»  
**ШЕВОЛДИН В.А.**  
Начальник отдела филиала ВНИПИЭТ  
АО «Атомэнергопроект», д.т.н.  
**АНТОНОВ Ю.Н.**  
Начальник группы филиала ВНИПИЭТ, к.т.н.  
АО «Атомэнергопроект»  
**СИМОНОВ М.М.**  
Ведущий инженер филиала ВНИПИЭТ  
АО «Атомэнергопроект»  
**ДУДИН Л.А.**  
Ведущий инженер филиала ВНИПИЭТ  
АО «Атомэнергопроект»  
**БУРХАНОВ В.О.**  
Инженер 2 категории филиала ВНИПИЭТ  
АО «Атомэнергопроект»  
**ЛЫСЕНКО М.А.**  
Инженер 1 категории филиала ВНИПИЭТ  
АО «Атомэнергопроект»

## **ПОЛНОМАСШТАБНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ПРОВЕРКИ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ПО ОТЖИГУ СВАРНЫХ ШВОВ КОРПУСОВ РЕАКТОРОВ ВВЭР-1000, КАК ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОДУКТ ДЛЯ ОТРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОДЛЕНИЯ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЛОКОВ АЭС С РЕАКТОРАМИ ВВЭР-1000.**

Многие блоки атомных электростанций на территории Российской Федерации были построены в 70-80 годах. Так, например, первые блоки Балаковской АЭС и Калининской АЭС были построены в период с 1984 по 1988 годы. На сегодняшний день в атомной промышленности назрел актуальный вопрос: выводить из эксплуатации существующие блоки, так как срок их службы подходит к окончанию или продлевать их срок службы?

В настоящее время назначенный срок службы строительных конструкций реакторного здания составляет 80 лет. При этом, срок эксплуатации устанавливается и для оборудования, например, корпуса реактора или парогенераторов, срок службы которых ниже срока службы строительных конструкций.

С такой ситуацией столкнулись на первом блоке Балаковской АЭС. В процессе эксплуатации корпуса реактора (КР) были выявлены изменения свойств материала КР и сварных швов. Чтобы не допустить возникновения аварийных ситуаций и не выводить из эксплуатации первый блок Балаковской АЭС АО «Концерн Росэнергоатом» разработал

программу НИОКР на 2014 – 2017 гг. с целью продления ресурса блока Балаковской АЭС сверх проектного.

Программой предусматривалось создание конструкции экспериментального стенда, на котором были бы отработаны и проверены технология и оборудование по отжигу сварных швов корпусов реакторов ВВЭР-1000, при этом требовалось обеспечить не превышение критерия по температуре строительного и серпентинитового бетона, чтобы не превысить температурные режимы строительных конструкций на действующем блоке Балаковской АЭС.

В 2015 году был подписан договор на проектирование экспериментального стенда между НИЦ «Курчатовский институт» и АО «АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ». Филиалу ВНИПИЭТ АО «АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ» было поручено разработать проект экспериментального стенда. Возглавили проект начальник проектно-конструкторского отдела В.А. Шеволдин, и руководитель проекта Ю.Н. Антонов.

В техническом задании к полномасштабному стенду предъявлялись жесткие технические требования к конструкциям и системам стенда. Основные требования к конструкциям стенда были следующие:

- использование натурального корпуса реактора ВВЭР-1000, который должен крепиться в шахте посредством натуральных кольца опорного и фермы опорной;
- бетонный сектор, имитирующий шахту реактора, сухая защита и тепловая изоляция стенок и днища шахты реактора должны полностью соответствовать реальным конструкциям на действующей АЭС;
- в оставшемся секторе выполняются строительные конструкции, имитирующие шахту реактора, и эквивалентные ей по теплопроводности;
- использование закладных деталей, реальных технологических систем и сетей инженерно-технического обеспечения шахты реактора;
- на границах бетонной стенки шахты с оборудованием должны быть предотвращены паразитные утечки тепла за счет использования изоляционных материалов и разработки соответствующих узлов сопряжения материалов;
- при проведении нагревов по режиму восстановительного отжига температура опорных конструкций реактора не должна превышать:
  - для серпентинитового бетона 450 °С;
  - для строительного бетона 85 °С.
- имитация подреакторного помещения должна быть выполнена таким образом, чтобы имелась возможность перекрытия дверного проема для организации замкнутого объема;

– должна быть предусмотрена возможность установки дополнительной наружной теплоизоляции корпуса реактора;

– обеспечены величины зазоров между корпусом реактора и имитационным оборудованием шахты реактора, а также всей технологической и вспомогательной аппаратурой и оборудованием, равные проектным значениям между корпусом и оборудованием шахты реактора на первом блоке Балаковской АЭС.

Площадкой для реализации проекта была выбрана территория Волгодонского завода тяжелого машиностроения. Инженерно-геологические изыскания площадки строительства показали, что грунты основания под фундамент стенда обладают просадочными свойствами, что в значительной степени повлияло на выбор конструкции фундамента стенда.

Фундамент экспериментального стенда был запроектирован в виде комбинированного свайно-плитного фундамента (КСП), состоящего из свайного поля, объединенного в уровне пола монолитной железобетонной плитой. Фундаментная плита экспериментального стенда – прямоугольная в плане, толщиной – 0,8 м. Основание фундамента – буронабивные круглые сваи диаметром 600 мм. Длина сваи – 32 м. Количество свай – 32 шт. Когда проектная и рабочая документации на фундамент стенда были практически готовы поступило предложение от Филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» на изменение площадки размещения стенда.

В качестве новой площадки размещения конструкций стенда был предложен существующий свайно-плитный фундамент ФО 21-21, где раньше располагался самый большой в мире карусельный станок КУ 466. В основании фундамента ФО 21-21 находятся 50 буронабивных свай СБ 1.0-31 диаметром 1,0 м. выполненных с шагом 3,0х3,0 м. и глубиной 31100мм. Поверочными расчетами было подтверждено, что существующий фундамент выдержит нагрузки от конструкций стенда, масса которых превышала более 1800 т.

Конструкции стенда разрабатывались с учетом требований, указанных в техническом задании, а также требованиям к модельности конструкций стенда. Все проектные решения согласовывались с разработчиками оборудования шахты реактора АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС».

Основой экспериментального стенда является бетонный сектор, который имитирует цилиндрическую часть шахты реактора. Расположен бетонный сектор напротив входа в конструкцию стенда, имитирующего вход в подреакторное пространство.

Геометрические размеры бетонного сектора выполнены в соответствии с чертежами шахты реактора первого блока Балаковской АЭС. В конструкциях бетонного сектора предусмотрены закладные детали под каналы системы охлаждения шахты реактора, ИК каналы, и закладные для установки датчиков, предназначенных для измерения параметров конструкций шахты реактора, при выполнении процесса отжига, закладные для облицовки шахты реактора. Конструкции каналов и инженерных систем выполнены в полном соответствии с чертежами первого блока Балаковской АЭС.

Опорное железобетонное кольцо, образованное несъемной опалубкой из металлического листа с каркасом жесткости по периметру кольца, предназначено для равномерного опирания фермы опорной по всему периметру. Бетонное кольцо объединено с бетонным секторным, образуя цельнозамкнутое кольцо. На бетонное кольцо и сектор опирается ферма опорная, которая располагается симметрично относительно оси сектора.

Ферма опорная выполнена в полном соответствии с чертежами АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС».

Изоляция тепловая цилиндрической части корпуса реактора, сухая защита, в границах бетонного сектора, выполнены в полном соответствии с чертежами оборудования, установленного на Балаковской АЭС. Изоляция тепловая днища шахты реактора выполнена в полном объеме технического проекта первого блока Балаковской АЭС.

В остальном секторе выполнена имитация тепловой изоляции цилиндрической части шахты реактора из материалов с теплопроводностью равной теплопроводности бетонной стены шахты реактора и изоляции тепловой цилиндрической части корпуса.

В конструкции стенда предусмотрены две системы охлаждения: система охлаждения днища шахты реактора и система охлаждения сухой защиты. Системы шахты реактора выполнены в полном соответствии с проектами Балаковской АЭС.

Для сбора и отвода тепла на опорном железобетонном кольце, выше фермы опорной, предусмотрен колпак в форме многогранника с крышкой. Колпак облицован сэндвич-панелями с наполнителем из минеральной ваты (базальтового волокна), для предотвращения утечек нагретого воздуха.

Общая конструкция стенда представлена на рисунке 1. На рисунке не показаны сваи фундамента, а также колпак для сбора и отвода тепла.

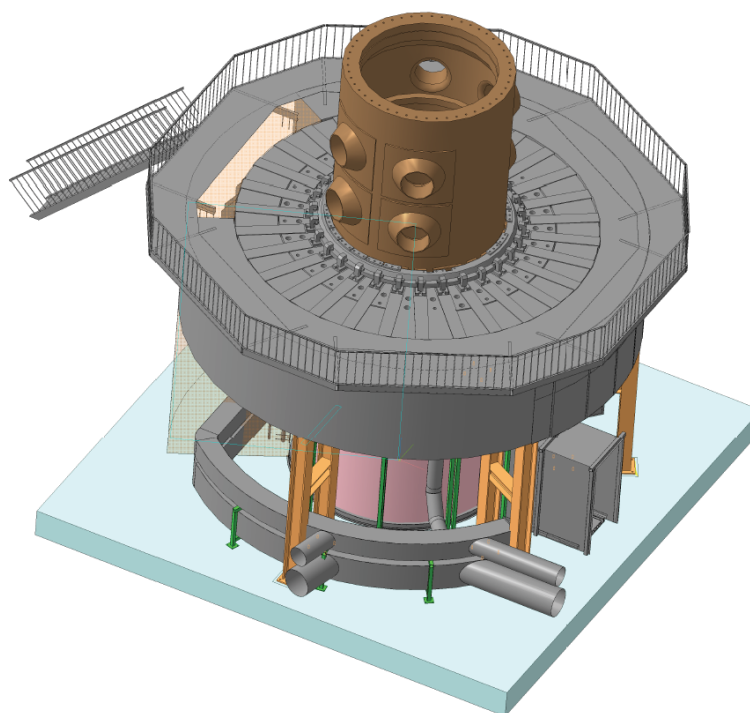


Рисунок 1. Общий вид конструкции стенда.

Принятые в настоящем проекте конструктивные, технические и технологические решения позволили сократить объемы строительных работ, обеспечить модельность конструкций стенда, а также значительно снизить материалоемкость всех конструкций.

Так, например, имитация шахты реактора, в полном соответствии с реально действующей шахтой реактора первого блока Балаковской АЭС, выполненная в секторе с минимальными размерами 60 градусов, которые обеспечили модельность экспериментального стенда. При этом снизились трудозатраты на строительные работы и значительно уменьшилась материалоемкость (бетон, арматура); применение несъемной металлической опалубки для формирования опорного железобетонного кольца сокращает трудозатраты на опалубочные работы на строительной площадке, а также обеспечивает равномерное распределение веса фермы опорной на конструкции стенда. Использование консольных опор на стойках под опорным кольцом позволяет выполнить монтаж и выставить ферму опорную горизонтально и вертикально относительно оси центра шахты реактора.

В настоящее время полномасштабный экспериментальный стенд для проведения испытаний оборудования для отжига сварных швов реакторов ВВЭР-1000 находится на этапе завершения строительства. В сентябре 2016 года начнутся опыты по отжигу сварных швов. В целом, коллективом филиала была проделана значительная работа, которая является в определенной степени уникальной, а сам стенд представляет собой инновационный продукт для отработки технологии продления, сверх проектного, ресурсов блоков с реакторами ВВЭР-1000.