

в результате открытия предохранительного клапана и взаимодействия пара с водяной пробкой в атмосферном трубопроводе за клапаном по причине недостатков конструкции дренажного устройства.

Таким образом, полученные результаты выполненной комплексной работы позволяют извлечь некоторые уроки в части проектирования и монтажа отечественных корабельных паропроводов:

- при проектировании паропроводов 2-го контура атомной энергетической установки недопустимо, когда разные участки одного и того же паропровода проектируются по разным правилам различных ведомств;

- при проектировании систем безопасности паропроизводящей установки следует обращать особое внимание материаловедов-прочнистов на совершенствование методик расчета трубных систем, работающих в сложных условиях эксплуатации судовых систем главного пара, тем более, что такие расчеты прежде всего необходимы для тех элементов трубопроводов, которые подпадают под требования правил эксплуатации АЭУ. При этом ни в коем случае не

следует считать эти паропроводы вспомогательными, т.к. надежность подобных систем должна быть не ниже, чем надежность систем главного пара, поэтому резонно поставить вопрос о ликвидации дублирующих систем безопасности;

- при анализе аварийных ситуаций необходимо определить ту главную силу, которая соответствует характеру разрушения аварийного элемента. При этом специалистам-прочнистам следует просчитать вероятность развития и уровень резонансных колебаний разрушившейся трубы, а также произвести анализ последствий гидроудара.

#### Библиографический список

1. ПНАЭ Г-7-008-89 «Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов АЭУ». – Энергоатомиздат, 1990.
2. ПНАЭ Г-1-011-89 «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций (ОПБ-88)» – Энергоатомиздат, 1990.
3. Е. Ю. Нехендзи, Н. А. Лахов, К. Н. Пахомов и др. Исследование напряженно-деформированного состояния главного паропровода крейсера «Петр Великий»: Материалы 2-й Международной конференции по судостроению. С-Петербург, 1998

УДК 621 039

### РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА СООТВЕТСТВИЯ ОСНОВНЫХ И СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ КОРПУСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ТРУБОПРОВОДОВ И АРМАТУРЫ ПЕРВОГО ЭНЕРГБЛОКА БУШЕРСКОЙ АЭС ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ РФ

В. П. Семенов, В. В. Орлов, В. А. Тизенгаузен,  
И. В. Васильев, С. И. Володин, И. А. Повышев

*НТЦ «Атомтехэнерго», ЦНИИ конструкционных материалов «Прометей»,  
С.-Петербург*

Выполнен комплекс научно-исследовательских и поисковых работ по сопоставительному анализу соответствия основных и сварочных материалов поставки фирмы KWU для тепломеханического оборудования и арматуры 1-го энергоблока Бушерской АЭС требованиям Нормативной базы РФ [1-7]. Согласно указанной Нормативной базы (НБ) основные требования заключаются в следующем:

- материалы, применяемые для изготовления оборудования АЭС, должны обеспечивать его надежную работу в течение всего срока службы с учетом заданных условий эксплуатации;

- качество и свойства основных и сварочных материалов должны отвечать требованиям соответствующих стандартов или технических условий и подтверждаться сертификатами заводов-изготовителей.

При анализе допустимости использования материалов и полуфабрикатов поставки фирмы KWU заложен принцип обеспечения требуемого уровня безопасности и надежности эксплуатации реакторного оборудования. Согласно требованиям НБ под безопасностью понимается свойство объекта, заключающееся в сведении к минимуму вредного воздействия при нормальной эксплуатации и в случае аварии на обслуживающий персонал, население, оборудование и строительные конструкции, а также в предотвращении негативного воздействия на окружающую среду. При этом особое внимание уделяется также обеспечению надежности как способности оборудования выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в проектных пределах в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки.

В соответствии с требованиями Приложения 9 действующих Правил [1] материалы, использованные фирмой KWU, рассматриваются как новые и должны применяться с соблюдением условий и норм, изложенных в пункте 3.4 указанных Правил. При принятии Решения о допустимости применения конкретного материала учитывались требования действующей нормативно-технической документации (ГОСТы, ОСТы, ТУ и др.), перечисленной в ПНАЭ Г-7-008-89 в сопоставлении с требованиями DIN (общегерманский стандарт), SEW (технические условия Союза немецких металлургов) и TUV (технические условия, разработанные немецкими надзорными органами и Союзом металлургов). При этом материалы, используемые для изготовления поставляемого оборудования, должны обеспечивать необходимый уровень физико-механических и технологических свойств, а также обладать требуемой работоспособностью в условиях длительной эксплуатации. Согласно НБ [1] ответственность за надлежащий выбор материала несет Главная конструкторская или материаловедческая организация.

Методы и объем контроля используемых материалов устанавливаются на ос-

новании действующих стандартов и технических условий, которые определяются в зависимости от степени ответственности и категории поставленного энергетического оборудования.

Специалистами-экспертами ЦТН «Атомтехэнерго», ЦНИИ КМ «Прометей» и ВНИИАМ выполнен большой объем по анализу и оценке действующей нормативно-технической документации на материалы и полуфабрикаты поставки 1976-1978 гг. [8]. Основные результаты выполненных исследований, отражающие состояние и готовность интегрируемого оборудования, а также характер и объем компенсирующих мероприятий в области доведения основных и сварочных материалов до соответствия требованиям НБ были использованы в Технических решениях о допустимости применения того или иного материала в поставленном на площадку АЭС различного энергетическом оборудовании (теплообменные аппараты, сосуды, насосы, компрессоры, трубопроводы и др.). В Технические решения включались только те материалы, которые по способу производства, способам раскисления, содержанию вредных примесей отвечали требованиям НБ для материалов АЭС. В отдельных случаях предлагается замена материалов.

Полученная информация и результаты сопоставительного анализа заложены в электронную память и находятся в компьютерном банке данных Бушерской АЭС и ВПО «Зарубежатомэнергострой».

#### Библиографический список

1. ПНАЭ Г-7-008-89 «Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок». – Энергоатомиздат, 1990
2. ПНАЭ Г-7-009-89 «Оборудование и трубопроводы АЭУ Сварка и наплавка. Основные положения». – Энергоатомиздат, 1991
3. ПНАЭ Г-7-010-89 «оборудование и трубопроводы АЭУ Сварные соединения и наплавки Правила контроля». – Энергоатомиздат, 1991.
4. ПНАЭ Г-7-002-86 «Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов АЭУ». Энергоатомиздат, 1989.
5. ПБ 10-115-96 «Правила устройства и безопасной

- эксплуатации сосудов, работающих под давлением». – Госгортехнадзор РФ, 1996.
6. ОСТ 26291-94 «Сосуды и аппараты, стальные сварные. Общие технические условия». – М., 1994.
  7. ПНАЭ Г-1-011-89 «Общие подложения обеспечения безопасности атомных станций (ОПБ-88)». – М., 1995.
  8. Б.Н Смирнов, Б.И.Костерин «Материаловедческие вопросы достройки АЭС «Бушер»: Тезисы докладов VI-й научно-технической конференции «Радиационная повреждаемость и работоспособность конструкционных материалов» – Белгород, 1995. – С.81-84.

УДК 620.193.2

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ МОРСКОГО ТРОПИЧЕСКОГО КЛИМАТА НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

С. А. Суворов, В. П. Семенов, А. Е. Хованских, С. И. Володин,  
И. А. Повышев, М. А. Рассказов

*НТЦ «Атомтехэнерго», ЦНИИ конструкционных материалов «Прометей»,  
С.-Петербург*

В работе выполнен комплексный анализ по оценке влияния длительного хранения различного энергетического оборудования первых двух энергоблоков Бушерской АЭС в условиях морского тропического климата и повышенной влажности на работоспособность используемых в нем конструкционных материалов. Поставленное по проекту KWU корпусное оборудование, трубопроводы и арматура более 20 лет находились на складах и открытых площадках строящейся станции [1-3] и в рамках Программы интеграции оборудования Российского проекта реконструкции и достройки АЭС прошли обследование на готовность к монтажу и пуско-наладочным работам в соответствии с действующими требованиями Нормативной базы РФ [4,5] по обеспечению безопасности и надежности их работы.

В рамках плановых работ Программы выполнено визуальное и инструментальное обследование состояния строительных конструкций бассейнов шахт реактора и ВКУ. Ультразвуковой контроль глубины коррозии облицовок бассейнов, изготовленных из листовой нержавеющей стали марки 1.4541, показал, что локальная коррозия наиболее уязвимых мест, таких как сварные соединения и околошовная зона, не превышает 0,01 мм. Для принятия окончательного ре-

шения о возможности использования облицовок, смонтированных по проекту KWU в проекте достройки станции, рекомендовано проведение дополнительного выборочного неразрушающего контроля методом капиллярного контроля и контроля герметичности в местах, имеющих наибольшие (по площади) коррозионные повреждения. При этом особое внимание рекомендуется обратить на контроль нижних горизонтальных швов облицовки стен бассейнов.

Выполнены исследования по оценке и прогнозированию коррозионного состояния различных элементов забетонированной части стальной защитной оболочки (СЗО) после длительного хранения в условиях тропического климата и повышенной влажности, что позволило определить влияние коррозии на характеристики статической и циклической прочности, а также сопротивления используемой стали марки ВН51WS хрупкому разрушению. Получены расчетные данные по коррозионно-механической прочности основного металла и сварных соединений оболочки с учетом прогнозируемой коррозии, подтверждающие заданную работоспособность и эксплуатационную надежность конструкции в соответствии с требованиями проекта достройки блока. Разработаны комплексные мероприятия по анти-