

ПРАКТИКА ОБОСНОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РОССИЙСКИХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ РАСЧЕТОВ НА ПРОЧНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ АЭС «ХАНХИКВИ-1»

И.Ф.Акбашев, Л.А.Лякишев, Е.А.Фризен, П.Г.Петкевич

В настоящее время в атомной отрасли Российской Федерации ведется активная работа по разработке проекта АЭС «Ханхикви-1» для Финляндской Республики. Одной из особенностей данного проекта является наличие в Финляндии собственной развитой нормативной базы в виде национальных законов, постановлений правительства, а также правил и стандартов, разработанных надзорным органом Финляндии. В данной статье описана практика обоснования возможности применения российских нормативных документов для расчетов на прочность оборудования и трубопроводов реакторной установки.

Надзорный орган Финляндии рекомендует выполнять обоснование прочности оборудования под давлением первого класса безопасности в соответствии с требованиями кода ASME. В то же время, допускается возможность применения альтернативных национальных стандартов при выполнении следующих основных условий:

- данные стандарты одобрены национальным надзорным органом;
- стандарты использовались ранее при строительстве АЭС аналогичного типа;
- применение данных стандартов не снижает безопасность АЭС.

В качестве референтного проекта реакторной установки, предназначенной для АЭС «Ханхикви-1», используется проект РУ для второй очереди Ленинградской АЭС. Используемые в референтном проекте российские нормативные документы одобрены Ростехнадзором и применяются в России в настоящее время во всех современных проектах. Поэтому первые два условия были выполнены автоматически и формальные препятствия для применения в проекте РУ для АЭС «Ханхикви-1» российских нормативов отсутствуют.

Однако, для получения одобрения надзорного органа Финляндии на использование российских нормативных документов в проекте АЭС «Ханхикви-1», необходимо было представить ему сравнение основных положений российских нормативов с кодом ASME для доказательства того, что их применение не снизит безопасность АЭС.

Одним из способов подобного сравнения является разработка пошагового сравнительного анализа комплекса требований и критериев к обоснованию прочности и долговечности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок российских нормативных документов в сопоставлении с соответствующими требованиями и критериями кода ASME.

Хотя разработка подобного сравнительного анализа является трудоемкой задачей из-за необходимости сравнения большого количества положений двух развитых, сложных и разных по структуре нормативных документов, подобный анализ в атомной отрасли Российской Федерации ранее выполнялся. В нем выполнено сравнение нормативных методов обоснования прочности и долговечности, сравнение требований к материалам, порядку классификации и определения напряжений, принятым коэффициентам запаса при определении допускаемых напряжений. В целом установлено большое сходство сравниваемых нормативных документов в части рассматриваемых предельных состояний, видов расчетов, определений расчетного давления и т.д. Также выявлено большое количество различий Норм РФ и кода ASME, которые могут привести к различным уровням запаса при обосновании прочности компонентов АЭС. Однако, практический опыт эксплуатации многочисленных энергоблоков, спроектированных в соответствии с Нормами РФ или кодом ASME, показал, что указанные различия не привели к систематическим случаям повреждений компонентов атомных энергетических установок из-за недостаточной прочности.

Учитывая, что с момента выпуска сравнительных анализов Нормы РФ не менялись, коренных изменений в коде ASME также не произошло, то разработка нового подобного анализа была признана нецелесообразной.

Поэтому для демонстрации адекватности критериев Норм РФ требованиям кода ASME заказчику было предложено наряду с упомянутым выше сравнительным анализом для конкретных узлов разработать расчеты на прочность с использованием упомянутых двух стандартов и на их примере провести сравнение полученных по двум нормативам запасов. Предложенный подход был принципиально одобрен и затем были разработаны ряд сопоставительных расчетов на прочность отдельного оборудования реакторной установки:

- Расчет на сопротивление хрупкому разрушению цилиндрической части корпуса реактора в зоне облучения.
- Расчет на прочность главного разъема реактора.
- Расчет на прочность соединительного трубопровода.
- Расчет на прочность при сейсмических воздействиях главного циркуляционного трубопровода.
- Расчет на прочность опорных конструкций компенсатора давления.

Данный перечень расчетов охватывает основные типы расчетов на прочность, выполняемых при обосновании технического проекта оборудования и трубопроводов реакторной установки. В каждом из них проведен расчет отдельных узлов РУ как по Нормам РФ, так и по коду ASME. В расчетах проведено сравнение подходов и критериев, используемых при обосновании прочности по Нормам РФ, с требованиями соответствующих разделов кода ASME.

В расчете на сопротивление хрупкому разрушению облучаемой части корпуса реактора определены кривые допускаемого давления в нормальных условиях эксплуатации и минимально допускаемая температура гидравлических испытаний. Результаты расчета показали, что отличия в подходах Российских стандартов и кода ASME не создают препятствий для безопасной эксплуатации корпуса реактора.

В расчете на прочность главного разъема реактора проведен анализ статической и циклической прочности элементов главного разъема. Расчет показал, что прочность конструкции обеспечивается для всех рассмотренных сочетаний нагрузок. При этом запасы по статической прочности шпилек для режимов нормальной эксплуатации оказались выше при расчете по коду ASME. Для режимов, отнесенных к нарушениям нормальных условий эксплуатации и аварийным ситуациям, запасы по статической прочности шпилек оказались выше при расчете по Российскими стандартам.

Расчеты на прочность соединительного трубопровода, главного циркуляционного трубопровода при сейсмических воздействиях и опорных конструкций компенсатора давления показали, что прочность конструкции также обеспечивается для всех рассмотренных сочетаний нагрузок, как по Российским стандартам, так и по коду ASME.

Разработанные сопоставительные расчеты на прочность отдельного оборудования реакторной установки были представлены заказчику, а затем и в надзорный орган Финляндии. По результатам рассмотрения данных документов было получено одобрение надзорного органа Финляндии на применение российских нормативных документов для обоснования прочности оборудования под давлением первого класса безопасности (по классификации, предусмотренной финскими нормативными документами).

Список сокращений

ASME	- American Society of Mechanical Engineers
АЭС	- атомная электрическая станция
РУ	- реакторная установка
РФ	- Российская Федерация