



ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 4

2016

СЕРИЯ: АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

КОНТЕЙНЕРЫ ДЛЯ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Процесс развития атомной энергетики подчинен основополагающим требованиям – безопасность, экономичность, целесообразность. В проектах АЭС с реакторами ВВЭР нового поколения предполагается переход на топливные циклы с увеличенным начальным обогащением и, соответственно, глубиной выгорания ядерного топлива, что предопределяет повышенные требования по обеспечению безопасности в средствах обращения с отработавшим ядерным топливом.

Вне зависимости от варианта окончания топливного цикла энергетических реакторов, на послереакторных стадиях обращения с отработавшим ядерным топливом используются контейнеры различного назначения и характеристик. В настоящее время уже находятся в эксплуатации и на уровне лучших мировых производителей разрабатываются более совершенные модели как одноцелевых, так и многоцелевых контейнеров – для транспортирования, хранения (и даже захоронения) отработавшего ядерного топлива (ОЯТ).

Транспортирование и хранение ОЯТ реакторов ВВЭР

Транспортирование ОЯТ реакторных установок ВВЭР-1000 с АЭС на радиохимические производства РФ более 20 лет осуществляется с использованием транспортных упаковочных комплектов ТУК-13В и ТУК-13/1В.

Существенным недостатком всех используемых в настоящее время транспортных упаковочных комплектов российского производства для перевозки ОЯТ реакторов ВВЭР является их малая вместимость, и, как следствие, весьма значительные затраты на транспортирование, определяемые количеством перевозок и большой протяженностью маршрутов перевозки. В настоящее время возможность снижения удельных затрат на перевозку ОЯТ АЭС за счет увеличения количества вагонов в составе спецэшелона ограничена восемью вагонами, исходя из допустимой массы спецэшелона – 2000 т.

Транспортный контейнер ТК-13 разработан для перевозки 12 отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) реакторов ВВЭР-1000 с обогащением топлива по урану-235 до 4,4 мас.%, средней глубиной выгорания топлива – 43 ГВт·сут/т U, максимальной глубиной выгорания в отдельных ОТВС до 50 ГВт·сут/т U; средним остаточным тепловыделением ОТВС – 1,67 кВт, максимальным – до 2,0 кВт (из условия не более 20 кВт на контейнер).

При таких характеристиках и выдержке ОТВС в приреакторных хранилищах не менее трех лет обеспечиваются установленные правилами безопасности транспортирования радиоактивных материалов уровни излучения от упаковки и транспортного средства – железнодорожного вагона, а также степень подкритичности в нормальных условиях перевозки и в аварийных условиях. Однако, при этом, для каждой конкретной загрузки транспортного упаковочного комплекта от специалистов эксплуатирующей организации

требуется подтверждение соответствия требованиям, ограничивающим максимальные значения уровней мощности дозы на поверхности ТУК и на определенных расстояниях от поверхностей упаковки и транспортного средства, тепловую нагрузку на ТУК, допустимые утечки радиоактивного содержимого из упаковки, эффективный коэффициент размножения нейтронов.

Это предполагает проведение специалистами эксплуатирующей организации целого ряда сложных и трудоемких расчетов, реализующих всю цепочку перехода от известных или измеряемых параметров (конструкции ТВС, длины и массы топливного столба, начального обогащения, глубины выгорания, времени выдержки и др.) к нормируемым характеристикам. В ходе расчетов определяются: пространственное распределение по высоте отработавшей тепловыделяющей сборки радионуклидного состава ОЯТ, источника нейтронного и гамма-излучения, ослабление излучения в защите ТУК. Кроме этого, перед специалистами возникает задача поиска на поверхности ТУК и за ее пределами точек, в которых достигается нормируемое максимальное значение суммарной мощности дозы излучения.

Частично эту проблему позволял решать действующий в настоящее время в России отраслевой стандарт «Отработавшие тепловыделяющие сборки ядерных энергетических реакторов типа ВВЭР. Общие требования к поставке на заводы регенерации» (стандарт отрасли ОСТ 95 745-2005, ФГУП «ГИ «ВНИПИЭТ», 2005). В нем для ОТВС реакторов ВВЭР-1000 различной номенклатуры консервативно установлены диапазоны изменения упомянутых измеряемых параметров, при соответствии которым характеристик транспортируемых ОТВС значения нормируемых параметров заведомо будут удовлетворять всем требованиям нормативных документов, и обоснование безопасности транспортирования партии ОТВС сводится к простой проверке соответствия измеряемых характеристик загружаемых в ТУК ОТВС требованиям отраслевого стандарта.

С переходом АЭС на топливные циклы с повышенным начальным обогащением и глубиной выгорания ядерного топлива характеристики транспортируемых ОТВС становятся все напряженнее, так как существенно увеличивается мощность остаточного тепловыделения и нейтронная активность ОЯТ. Использование отраслевого стандарта с консервативным подходом в этом случае не гарантирует ядерную и радиационную безопасность.

Проведенный ОАО «Главной институт «ВНИПИЭТ» расчетный анализ показал, что определяющими радиационную обстановку и температурный режим упаковки ТУК-13 при транспортировании являются, как правило, ОТВС топлива подпитки стационарных топливных циклов, достигающие максимального выгорания. Транспортирование ОТВС с увеличенной глубиной выгорания в ТУК-13 возможно только или с уменьшением загрузки контейнера, что является экономически затратным решением, или с увеличением выдержки ОЯТ на АЭС. По результатам анализа было, в частности, озвучено, что для проекта АЭС-2006 безопасное транспортирование 12 ОТВС стационарного топливного цикла реактора ВВЭР-1200 с выгоранием до 70 ГВт·сут/т U может быть осуществлено в ТУК-13/1В при выдержке ОТВС не менее 9 лет. Данная выдержка обеспечивается проектной вместимостью приреакторного хранилища энергоблока с реактором ВВЭР-1200.

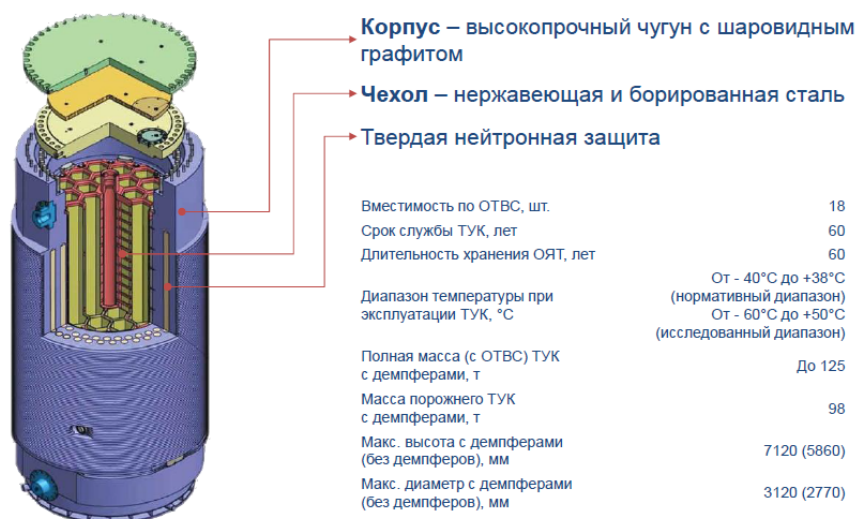
В соответствии с тенденциями мировой практики оптимальным решением проблемы безопасности при транспортировании ОТВС реакторов ВВЭР нового поколения является создание двухцелевых контейнеров, которые могут быть использованы не только для транспортирования, но и для хранения ОЯТ. В них, при необходимости, можно осуществлять довыдержку ОЯТ на АЭС с целью снижения уровней излучения от транспортных средств и перевозку его в соответствии с нормами по радиационной безопасности без дополнительных технологических операций по перегрузке ОЯТ.

Контейнерами высокого уровня, используемыми в настоящее время в странах Европы для хранения и транспортирования, являются немецкие контейнеры CASTOR с корпусами из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (разработка «GNB»), шведские ТУК PWR фирмы «Karnbranslehantering AB», французские ТУК типа TN фирмы «Transnucleaire» для различных видов топлива, вывозимого во Францию на переработку.

Согласно открытой информации в России в настоящее время проводится разработка и планируется производство в промышленных масштабах контейнеров такого уровня, в том числе ТУК-141, ТУК-146, ТУК-151. Это будут контейнеры повышенной вместимости, удовлетворяющие всем современным требованиям безопасности, предъявляемым к конструкции упаковки типа В(У) для перевозки и хранения ОЯТ с глубоким выгоранием, с использованием для компонентов контейнеров (корпуса, нейтронной защиты, демпфирующего устройства) современных материалов и с ориентацией на производственные возможности российских предприятий.

При разработке новых контейнеров одновременно рассматривалась возможность использования для России существующих и находящихся в разработке зарубежных упаковочных комплектов. Проведенный анализ зарубежных упаковочных комплектов показал нецелесообразность их использования для России как по техническим причинам (не обеспечивается безопасность эксплуатации при низких температурах, характерных для регионов России, невозможность вписывания в существующую транспортно-технологическую схему обращения с ОЯТ на АЭС, на заводе по переработке ОЯТ и в централизованном хранилище ОЯТ и др.), так и по организационным и технико-экономическим причинам (необходимость сертификации зарубежных ТУК в России в соответствии с российскими нормами и правилами, экономическая нецелесообразность загрузки иностранных фирм при существующей возможности организовать эту работу на российских предприятиях и др.).

ТУК-141. Разработан ОАО «Инженерный центр ядерных контейнеров». Заявленные характеристики ТУК-141: корпус – высокопрочный чугуун с шаровидным графитом, чехол – нержавеющая и борированная сталь, твердая нейтронная защита; транспортирование с территорий АЭС облученных тепловыделяющих сборок энергоблоков ВВЭР с повышенным обогащением и выгоранием по железным дорогам общего пользования в горизонтальном положении на специальном железнодорожном транспортёре; долговременное хранение ОТВС в вертикальном положении в контейнерном хранилище или на контейнерной площадке не менее 60 лет; возможность модификации под климат и параметры топлива.



В апреле 2016 года на энергоблоке №1 Калининской АЭС в рамках ремонтной кампании состоялись «холодные» технологические испытания опытно-промышленного образца (ТУК-141О, изготовитель – АО «Энерготекс»). Испытания заключались в определении соответствия характеристик ТУК-141О требованиям конструкторской документации, а также проверке совместимости нового контейнера с оборудованием энергоблока при выполнении технологических операций. Это один из этапов программы испытаний новой модели контейнера, которая в целом включает всю цепочку транспортирования ОТВС – доставку пустого контейнера на АЭС, размещение его в бассейне выдержки реакторного отделения, загрузку имитаторами отработавших тепловыделяющих сборок. Следующий этап – подготовка к промышленной эксплуатации:

отправка контейнера ТУК-141О на одну из станций для загрузки отработавшим топливом, затем получение лицензии для начала серийного производства.

Авторы проекта ТУК-141 предполагают, что двухцелевой ТУК будет востребован на зарубежных АЭС с реакторами ВВЭР, для которых еще не сформирована стратегия обращения с ОЯТ и может потребоваться накопительная площадка для ТУК (при оптимизации схемы перевозок). Одновременно прорабатывается возможность выхода на рынок ТУК для ОТВС реакторов зарубежного дизайна.

ТУК-146 (индекс присвоен ВНИПИЭТ). Изготовление ТУК запланировано на базе промышленного предприятия ОАО «Петрозаводсмаш». Для этого потребовалось создание нового современного ресурсосберегающего производства путем организации на одной площадке трех производств – литейного, механического, сборочно-сварочного и сотрудничество со специализированными российскими предприятиями и научно-исследовательскими институтами (ОАО НПО ЦКТИ, ОАО КБСМ, ОАО НПО ЦНИИТМАШ и др.). Это позволит использовать российские технологии и материалы, соответствующие лучшим мировым стандартам. Заявленные характеристики ТУК-146: вместимость – 18 ОТВС с глубиной выгорания топлива до 68 ГВт·сут/т, срок эксплуатации – 60 лет.

ТУК-146 рассматривается как основа модельного ряда современных транспортных упаковочных комплектов для обращения с ОЯТ различных типов реакторов (ВВЭР-1000/1200, БН) и РАО. Конструктивно переход к другим моделям достигается за счет базовой внешней оболочки и сменной внутренней дистанцирующей решетки. Унифицированные решения реализуются путем сотрудничества с проектными организациями ОАО «Атомпроект», ОАО «ГСПИ» и др.

ТУК-151. На Ижорских заводах в производстве находится опытный образец контейнера ТУК-151 – контейнера нового поколения для транспортирования и хранения ОЯТ атомных электростанций с реакторами ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200.

Разработка и производство в промышленных масштабах российских контейнеров для транспортирования и хранения отработавшего ядерного топлива атомных электростанций с реакторами нового поколения предполагают решение целого комплекса проблем, в первую очередь, отработку технологий и налаживание производства отечественных материалов для компонентов контейнеров (корпус, нейтронная защита, демпфирующее устройство и др.).

Источники:

1. Программа развития контейнерных технологий обращения с ОТВС российских АЭС, как инструмент унификации решений по длительному хранению ОЯТ Т.Ф. Макарчук М.Ю. Афонютин АО ФЦЯРБ АТОМЭКСПО-2015

2. Актуальность создания новых контейнеров для ОЯТ ВВЭР-1000 /В.Е. Михайлов [и др.] // Безопасность окружающей среды. – 2010. № 4, – С. 91 – 94.

3. <http://www.nuclearcask.ru/ru/kontejnery-dlya-oyat/71-tuk-141>

4. <http://www.okbm.nnov.ru>

Материал подготовили: Брылева В.А., Войтецкая Е.Ф., Нарейко Л.М.

Адреса для контактов:

Научное учреждение «ОИЭЯИ – Сосны» НАН Беларуси, 220109, Минск, ул. академика А.К. Красина, 99
тел.: 391-14-43, факс: 391-13-35, Web-site: <http://www.sosny.bas-net.by>

E-mail: valentina.brylioiva@yandex.by

Для получения данного информационного бюллетеня просим подать заявку в электронном виде с указанием своего электронного адреса

©При перепечатке ссылка обязательна

По заказу Министерства энергетики Республики Беларусь