

Обращение с отработавшим топливом в наши дни

В. Онуфриев*

Обращение с отработавшим топливом охватывает операции по обработке и хранению отработавших топливных элементов с момента их выгрузки из реактора и до их переработки или захоронения. Так как принятие решений относительно переработки и/или окончательного захоронения отработавшего топлива часто задерживается, в хранилищах накапливается постоянно увеличивающееся количество отработавшего топлива (особенно водяных реакторов). Такое накопление происходит не только в государствах, преуспевших в использовании атомной энергии для производства электроэнергии, но также и в государствах, которые еще находятся на ранней стадии развития этой ядерной области.

Международное сотрудничество в области хранения и транспортирования отработавшего топлива является предметом заботы со стороны МАГАТЭ. Для изучения этого вопроса была создана группа экспертов по международному обращению с отработавшим топливом, которая работала с 1978 по 1982 гг. Технические и экономические аспекты обращения с отработавшим топливом рассматривались на Международной конференции по опыту в области ядерной энергетики, состоявшейся в Вене в сентябре 1982 г. Последним из предшествующих международных форумов, посвященных специально этим вопросам, был Международный симпозиум по хранению отработавшего топлива, организованный Агентством по ядерной энергии (АЯЭ) ОЭСР и МАГАТЭ, проходивший в Мадриде в 1978 г. Некоторые аспекты сухих хранилищ отработавшего топлива обсуждались на совещании специалистов МАГАТЭ в Лас-Вегасе в 1980 г. и во время работы Школы специалистов АЯЭ в Мадриде в 1982 г. Технические и экономические аспекты, касающиеся хранилищ, транспортирования и переработки, а также аспекты охраны окружающей среды, рассматривались на семинаре** МАГАТЭ, проходившем в Мадриде в сентябре 1983 г., о котором здесь идет речь.

Национальные программы по обращению с отработавшим топливом

Только несколько стран изложили четко определенную политику в области обращения с отработав-

* В. Онуфриев — сотрудник Секции ядерных материалов и технологии топливного цикла Отдела ядерного топливного цикла МАГАТЭ.

** Международный семинар по техническим аспектам и аспектам окружающей среды при обращении с отработавшим топливом, организованный МАГАТЭ и проведенный в Мадриде, Испания, 27–30 сентября 1983 г.

шим топливом легководных реакторов: Чехословакия, Франция, Италия, Великобритания и США. В этой области все еще существует два варианта: хранение и переработка (в ограниченных количествах) отработавшего топлива и хранение с последующим окончательным захоронением. Хранение в данном контексте означает обычно промежуточное хранение, длящееся около десяти лет или более в ожидании принятия решения относительно переработки; прагматические политики еще настаивают на сохранении варианта окончательного захоронения отработавшего топлива в ожидании использования плутония или других вариантов.

Франция и Великобритания подтвердили свое решение перерабатывать отработавшее топливо, но в то же время увеличивают объемы своих хранилищ. Италия планирует начать эксплуатацию перерабатывающего завода в конце 90-х годов, а до того времени увеличить вместимость внутриреакторных и вне реакторных хранилищ. Чехословакия решила преодолеть имеющийся в настоящее время дефицит объемов хранилищ, соорудив дополнительные вне реакторные бассейны для промежуточного хранения в течение ближайших десяти лет.

США сосредоточились на разработке геологических хранилищ; с учетом возможного запаздывания ввода в эксплуатацию первого такого хранилища в качестве варианта длительного хранения будут сохранены контролируемые временные хранилища.

Переработка отработавшего топлива

В настоящее время эксплуатируют только три перерабатывающих завода для отработавшего топлива легководных реакторов: в Федеративной Республике Германии в Карлсруэ (35 т/год); в Японии в Токаи-Мура (200 т/год) и во Франции в Ла-Хагуа (400 т/год). Вводимые в настоящее время в эксплуатацию установки будут перерабатывать в общей сложности около 1400 т отработавшего топлива легководных реакторов.

Несколько заводов во Франции, ФРГ, Японии и Великобритании увеличат в 90-х годах возможности переработки. Суммарные мировые возможности переработки, исключая страны с централизованно планируемой экономикой, оцениваются в 5000 т/год в 90-е годы, когда суммарное накопление отработавшего топлива легководных реакторов состоит около 200 000 т.

Во Франции, ФРГ, Италии, Великобритании и других странах интенсивно осуществляются научно-исследовательские программы, направленные на следующие задачи:

- проектирование заводов с надежным оборудованием и системами дистанционного обслуживания для гарантирования большой мощности переработки
- минимизация объемов радиоактивных отходов и разработка методов безопасной упаковки отходов
- обеспечение безопасности операторов и контроля за делящимися материалами

Аспекты безопасности и охраны окружающей среды в области переработки и хранения отработавшего топлива

Был представлен подробный анализ данного вопроса на основе опыта и предполагаемых тенденций на перерабатывающем заводе фирмы Бритиш Н്യюклиар Фьюэл Лимитед в Селлафилд (Великобритания). Сообщалось, что сбросы жидких веществ, хотя и были в разрешенных пределах, в последние десять лет постоянно снижались. Ввод в эксплуатацию на площадке ионнообменной установки, известной как SIXER, представляет собой дальнейший шаг в этом направлении. Применение новых процессов, включая обработку актинидов, как ожидается, значительно уменьшит сбросы перерабатывающего завода THORP, который должен быть построен на этой площадке. Интересно отметить аналогичные тенденции на заводе Ла-Хагуа во Франции: суммарные сбросы заводов UP3 и UP2-800 должны оставаться на том же уровне, что и сбросы существующего завода UP2.

Эволюция в области радиационного облучения рабочих имеет такой же характер. Стоит подчеркнуть важность изменения дозовых пределов, рекомендуемых Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ). Всесторонний анализ показывает, что последствия таких изменений для проектирования и эксплуатации существующих и будущих заводов могут быть сложными, т.к. повлияют как на допустимые уровни сброса веществ, так и на требования к характеристикам отходов. Концепция „минимального” уровня индивидуальной дозы с учетом естественных фоновых уровней изучения оказалось очень интересной и прагматичной.

Что касается эксплуатации бассейнов хранения, то было показано, что с учетом накопленного опыта и результатов научно-исследовательских работ по охлаждению, очистке воды в бассейнах, по механическим конструкциям и сейсмической защите, вполне возможно сооружение и эксплуатация установок, удовлетворяющих повышенным требованиям по безопасности. Однако стоимость модернизации довольно высока.

Мокрое хранилище

В настоящее время мокрое хранилище является основным и существенным технологическим звеном между реактором и перерабатывающим заводом или местом окончательного захоронения.

Мировой опыт показал, что можно хранить отработавшее топливо в водных бассейнах по 20 лет и более, начиная от момента выгрузки топлива из реактора. Существует возможность дальнейшего улучшения проекта и повышения безопасности бассейнов хранения и снижения образования выделяющихся веществ. Определенный прогресс был достигнут в увеличении эффективной вместимости бассейнов хранения, например, с помощью закрепления элементов.

Сообщалось о хранении в воде дефектных топливных элементов, в которых не отмечалось в течение нескольких лет существенного развития дефектов. Это означает, что практически отсутствует риск быстрого увеличения загрязнения воды в бассейне. Это имеет важное значение для проектирования систем очистки воды, устройств для хранения, а также для их безопасной и легкой эксплуатации. Была подтверждена необходимость учитывать при проектировании и сооружении бассейнов риск коррозии под напряжением.

Сухое хранилище

Основное внимание при рассмотрении сухого хранилища было направлено на контейнеры и боксы с охлаждением естественной конвекцией. Продолжительный эксплуатационный опыт хранения отработавшего магноксового топлива в боксах был накоплен в Вилфа, в Великобритании. Существует несколько экспериментальных сухих боксовых хранилищ в Японии и в США. Канадцы в течение нескольких лет исследуют бетонные емкости для отработавшего топлива реакторов Кэнду. Контейнерное хранение имеет некоторое количество сторонников; сообщалось, что в настоящее время изготовлено или заказано 16 типов контейнеров. Однако стоит отметить, что опыт сухого хранения в контейнерах довольно ограничен и что еще нет хранилища промышленного масштаба с хранением в контейнерах.

Была большая дискуссия относительно стоимости мокрого и сухого хранения, а также различных вариантов сухого хранения. Главный вывод заключается в том, что очень трудно сравнивать стоимость проектов различных стран, тем более, что оценки могли проводиться в разное время с использованием только сметных расходов.

Существует некоторая неопределенность относительно максимальной температуры, при которой может храниться топливо с оболочкой из циркония в сухих условиях. Первые эксперименты, проведенные фирмой Крафтверк-Юнион в ФРГ, показывают, что эта температура могла бы достигать 500 °C, однако эта цифра требует подтверждения другими экспериментами.

Транспортирование

Транспортирование отработавшего топлива является хорошо продуманной и относительно безопасной операцией. Оно имеет прочную основу в международной торговле, так как является необходимым

звеном в топливном цикле как с переработкой, так и без нее. Способы транспортирования: транспортирование по шоссейным и железным дорогам и по морю.

В настоящее время имеются транспортные контейнеры весом до 110 т. Груз может быть или сухим, или мокрым, но контейнер обычно заполняется азотом в газовой фазе. В настоящее время используются 50 контейнеров серии TN и LK, допол-

нительно изготавливаются 25 контейнеров. Также используются в меньшем количестве контейнеры других типов.

Накоплен обширный опыт транспортирования отработавшего топлива по морю, железным и шоссейным дорогам в соответствии с Правилами МАГАТЭ безопасного транспортирования радиоактивных веществ. Серьезных аварий, связанных с выходом радиоактивных веществ и загрязнением, не было.

Нормы безопасности для обеспечения качества

Н. Райсич*

Нормы, подготовленные в рамках Программы разработки норм безопасности АЭС Агентства (ПРНБ), привлекают все возрастающее внимание. В ряде государств-членов они одобрены в качестве регламентирующих требований, в других некоторые нормы используются на добровольных началах при проектировании, сооружении и эксплуатации атомных электростанций. В частности, широко используются как в развивающихся, так и в промышленно развитых странах документы, касающиеся обеспечения качества (ОК), например, в Аргентине, Бразилии, Египте, Франции, Италии и Пакистане. Агентство поощряет использование норм и помогает их внедрению в развивающихся государствах-членах с помощью различных форм технической помощи и сотрудничества. Среди них задачи по внедрению положений ПРНБ, разработка и выпуск Руководств для пользователей, консультации и подготовка персонала.

Возможно, наиболее эффективная помощь Агентства заключается в организации подготовительных курсов и семинаров для персонала, связанного с организацией и осуществлением деятельности по ОК и по контролю качества (КК). Агентство организовало четыре международных подготовительных курса по ОК: в Аргонне (1978 г.), Мадриде (1979 г.), Карлсруэ (1980 г.) и Сакле (1983 г.); а также провело два региональных семинара по ОК для стран Азии и Тихого океана и для Латинской Америки. Цель этих однонедельных подготовительных семинаров — информировать руководящий персонал ядерно-энергетических проектов в данных регионах о требованиях и рекомендациях норм МАГАТЭ, связанных с ОК, и о их внедрении. Такие семинары полезны также для участников с точки зрения инфор-

мацией по существующей практике ОК в государствах-членах данного региона.

Подготовительный семинар для стран Латинской Америки** кроме этой общей задачи имел специальное назначение, а именно, рассмотреть опыт использования документов Агентства по ОК и высказать мнения о них. Два государства-члена этого региона, обладающие значительными ядерно-энергетическими программами, Аргентина и Бразилия, одобрили документы Агентства по ОК, приняли их в качестве собственных регламентирующих норм и накопили некоторый опыт их применения. Атомные электростанции в Латинской Америке проектировались и сооружались различными иностранными подрядчиками, имеющими свои собственные нормы по безопасности и инженерные нормы. В проектах атомных электростанций в Аргентине использовались нормы Канады и ФРГ, в Бразилии — нормы США и ФРГ, в Мексике — нормы США, но требования по ОК и принятые нормы в Канаде, ФРГ и США отличаются друг от друга. Следовательно, оценка критериев безопасности, организации программ ОК и т.д. в таких странах очень сложна и существуют специфические проблемы обеспечения единообразия деятельности по ОК.

Эти страны стремятся узаконить у себя документы ПРНБ для более полного согласования вопросов безопасности с другими требованиями к различным атомным электростанциям. Сводные правил, руководства и нормы, разработанные под эгидой Агентства, представляют собой согласованные на международном уровне документы, одобренные всеми государствами-членами, включая и экспортирующие страны. Некоторые трудные вопросы должны решаться отдельно в каждой стране с учетом местной специ-

*Н. Райсич — сотрудник Секции реакторной техники Отдела ядерной энергетики Агентства.

** Подготовительный семинар по обеспечению качества АЭС для стран Латинской Америки, Рио-де-Жанейро, 17–21 октября 1983 г.