

„Консервация“ канадской АЭС Джентилли-1

Баларко Гупта

В 1971 г. в провинции Квебек, Канада, была пущена в эксплуатацию АЭС Джентилли-1 мощностью 250 МВт, которая с некоторыми перерывами производила электроэнергию до 1979 г. В настоящее время осуществляется проект, рассчитанный на 2 года, по снятию с эксплуатации данной АЭС, а работы по ее подготовке к длительной „консервации“ должны завершиться к марту 1986 г.: некоторые радиоактивные материалы и компоненты будут удалены, отдельные части и узлы АЭС — дезактивированы и подготовлены для альтернативного использования, а здание реактора будет опечатано. Окончательный демонтаж, как ожидается, можно будет осуществить примерно через 50 лет — время, необходимое для значительного снижения уровня радиоактивности.

На принятие такого решения повлияло несколько факторов. В 1979 г. после останова реактора для проведения ремонтных работ канадские регулирующие органы потребовали осуществить перед повторным пуском станции в эксплуатацию крупные модификации, чтобы привести ее в соответствие с существующими требованиями безопасности. АЭС была временно законсервирована на 3 года, а в 1983 г. было принято решение демонтировать станцию, т.к. ее реконструкция не была экономически оправдана. На основании проведенных инженерных и экономических исследований был разработан проект по снятию станции с эксплуатации.

Цели и масштабы проекта

Основные цели проекта заключаются в значительном снижении эксплуатационных расходов и затрат на техническое обслуживание; в изоляции радиоактивности в пределах четко установленных зон, доступ к которым будет закрыт (например, здание реактора); в подготовке узлов АЭС для альтернативного использования и в получении непосредственного опыта по снятию с эксплуатации

Г-н Гупта является руководителем проекта и управляющим АЭС Джентилли-1, Отдел эксплуатации реакторов типа КАНДУ фирмы „Атомик энерджи оф Канада“ (AECL), Монреаль. В статье также делаются ссылки на публикацию Поля Денолта и Пабрита Л.Ле „Завершение „консервации“ АЭС Джентилли-1“ в журнале *Ньюклиар Инжиниринг Интернешнл* (август 1985 г.) и на документ № 230 (1983 г.) из Серии технических отчетов МАГАТЭ.

атомных электростанций на коммерческом уровне (на АЭС Джентилли-1 установлен опытно-промышленный реактор типа КАНДУ — реактор, работающий на природном уране, в котором в качестве замедлителя используется тяжелая вода, а в качестве теплоносителя — обычная вода).

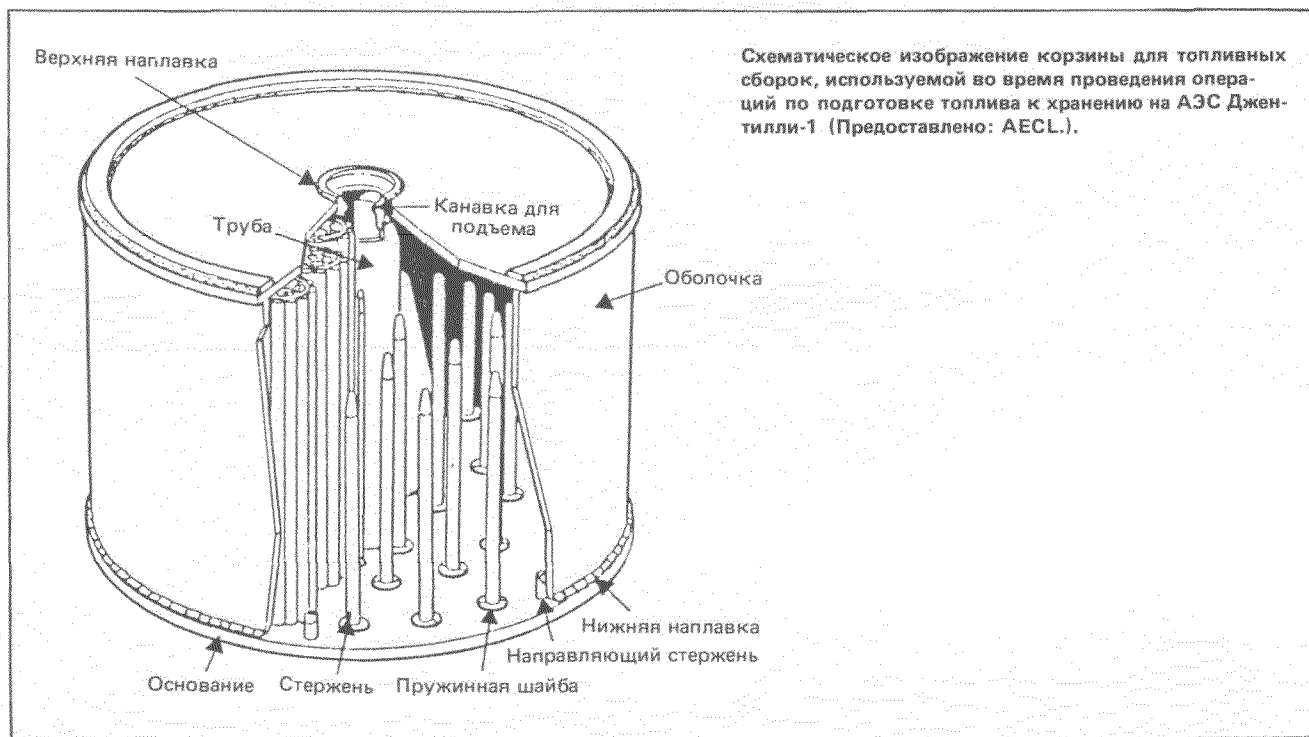
Масштабы проекта определяют и конкретные задачи:

- Удаление всего отработавшего топлива из бассейна выдержки топлива, расположенного в служебном здании, и его перемещение в сухое хранилище с использованием специально сконструированных бетонных контейнеров. Это сильно уменьшит затраты на техническое обслуживание и позволит использовать служебное здание в других целях.
- Консервация здания реактора.
- Удаление всех компонентов (оборудования, трубопроводов, кабелей, пультов управления и т.д.) из служебного здания и частично из турбинного зала, с тем чтобы эти помещения можно было передать электроэнергетической компании „Хайдро Квебек“, которая эксплуатирует принадлежащую ей соседнюю АЭС Джентилли-2*. Административные помещения будут передаваться в их нынешнем состоянии.
- Дезактивация бассейна выдержки топлива, поддонов для топлива и различных других радиационно загрязненных компонентов.
- Разработка и применение методов и процедур по радиационной защите и технике безопасности, совместимых с принципом ALARA (уменьшение неизбежного облучения настолько, насколько это практически осуществимо, принимая во внимание экономические и социальные факторы).

Сухое хранилище отработавшего топлива

В 11 специально сконструированных цилиндрических бетонных контейнерах хранится около 3213 облученных топливных сборок и топливных конструктивных элементов. В каждом контей-

* Прежде чем осуществить такую передачу, в отношении вышеупомянутых помещений должны быть выполнены требования критериев 1-го этапа снятия ядерных установок с эксплуатации: отсутствие загрязнения поверхности тонким слоем радиоактивного материала, отсутствие полей β -излучения, превышающих 10 мкЗв/ч, и полей γ -излучения, превышающих 2,5 мкЗв/ч, на расстоянии в 1 см от поверхности.



Схематическое изображение корзины для топливных сборок, используемой во время проведения операций по подготовке топлива к хранению на АЭС Джентилли-1 (Предоставлено: AECL.).

нере (высота 6 м, внешний диаметр 2,6 м) имеется стальная емкость — хранилище для 8 специально сконструированных корзин из нержавеющей стали. В каждой корзине в отдельных ячейках находятся 38 пучков твэлов (топливные элементы хранились в бассейне выдержки, по крайней мере, в течение 7 лет; тепловая мощность в результате радиоактивного распада каждой сборки в среднем составляла 1,4 Вт). Облученное топливо размещено в 85 корзинах, в двух корзинах находятся нейтронные поглотители; вся конструкция стягивается проволокой и закрывается на ключ.

Стандартные операции по подготовке отработавших топливных сборок к хранению

Как правило, операции по подготовке топливных сборок к хранению начинаются с их высвобождения и удаления центральных конструкционных несущих трубок, в которых накапливается кобальт-60. После этого каждая топливная сборка идентифицируется, а затем помещается в пронумерованную корзину. В соответствии с требованиями гарантий МАГАТЭ номера корзины и топливной сборки находятся под постоянным наблюдением и контролем. После заполнения корзины топливными сборками ее закрывают крышкой, и вся конструкция с помощью специального захвата, расположенного в центральном канале, устанавливается в экранированное промежуточное хранилище. Все эти операции в целях защиты от излучения проводятся под водой.

Внутри экранированного промежуточного хранилища с корзины снимают крышку, топливную

сборку просушивают, верхнюю и нижнюю части корзины герметично заваривают с помощью дистанционного полуавтоматического сварочного аппарата. Затем корзину перемещают внутри экранированного промежуточного хранилища до тех пор, пока она не окажется непосредственно под транспортным контейнером. После раскрытия транспортного контейнера захват, находящийся внутри контейнера, опускается и поднимает корзину из экранированной емкости внутрь транспортного контейнера, после чего контейнер закрывается. Теперь контейнер готов к транспортировке в зону хранения.

Внутри экранированного промежуточного хранилища уровень радиации согласно измерениям достигает 3500 бэр*. Однако на внешней поверхности промежуточного хранилища (и транспортного контейнера) уровень радиации всегда составлял менее 1 мбэр.

Для перемещения транспортного контейнера в зону хранения используется специально сконструированный трейлер. Транспортный контейнер с помощью 15-тонного крана поднимают на верх бетонного контейнера-хранилища. Захват 3-тонного крана опускает корзину в бетонный контейнер-хранилище. Затем к бетонному контейнеру-хранилищу приваривается верхняя крышка, и инспекторы Агентства устанавливают печати МАГАТЭ.

На всю операцию от начала до конца у бригады из 6 человек в среднем уходит 3 часа. В силу того, что эти операции необходимо повторить для всех 11 бетонных контейнеров-хранилищ, в каждом из которых помещается 8 корзин, весь процесс уста-

* В международной практике единица бэр заменена единицей зиверт, равной 100 бэр.

новки топливных сборок в хранилище занимает 6 недель, без учета 5 недель, которые требуются для изготовления самих контейнеров-хранилищ.

Уровень радиации на внешней поверхности загружаемого бетонного контейнера-хранилища составляет примерно 0,6 мбэр.

Здание реактора

Большая часть общих трубопроводов, кабелей, каналов и т.п. между реактором, турбиной и служебными зданиями была обрезана и заварена в целях предупреждения распространения радиоактивности. Был осуществлен дренаж и осушка всех компонентов реакторного здания, включая дренаж масла и других горючих веществ, которые были затем удалены. Системы внутри здания реактора были изолированы и опечатаны.

Доступ в здание был полностью закрыт, за исключением одного воздушного шлюза, который можно открывать для проведения периодических инспекций. Здание реактора останется законсервированным, по крайней мере, в течение следующих 40–50 лет, однако для проверки конструкционной целостности компонентов предусмотрено проведение периодических инспекций.

Такая выдержка даст время для значительного снижения уровня радиации, что облегчит окончательный демонтаж установок.

Использование зданий АЭС в других целях

Электроэнергетическая компания „Хайдро Квебек” разместит в служебных зданиях и турбинном зале АЭС полномасштабный тренажер для соседнего реактора Джентилли-2 мощностью 600 МВт (эл.), подготовительный учебный центр и некоторые административные помещения. В настоящее время осуществляется удаление компонентов, ведется радиологическое наблюдение и дезактивация помещений и зон, которые будут переданы электроэнергетической компании „Хайдро Квебек”, включая бассейн выдержки отработавшего топлива внутри вспомогательного здания. После дезактивации сверху бассейна выдержки будет установлена новая защитная бетонная плита, и вся эта зона станет частью подготовительного учебного комплекса — тренажера.

Дезактивация

Проведенные инженерные и экономические исследования, а также первоначальный опыт работ на площадке показали, что широкомасштабная дезактивация компонентов для использования их в других целях без каких-либо ограничений не дает экономии во времени и не является эффективной с точки зрения расходов. Однако для подготовки

помещений к использованию в других целях и для получения непосредственного опыта, который поможет определить будущие методы, расходы и потребности в рабочей силе, на АЭС была развернута программа по дезактивации площадки, отвечающая требованиям критериев 1-го этапа снятия ядерных установок с эксплуатации.

Приобретен большой опыт по дезактивации системы подачи питательной воды и дозирующей системы подачи гидразина, системы отбора проб питательной воды, трубопроводов различного диаметра, поддонов для топливных сборок, отработавших топливных сборок, недавно помещенных в бассейн выдержки, а также некоторых вентиляционных каналов и вентиляторов*.

Радиационная защита

Все аспекты снятия с эксплуатации АЭС Джентилли-1 регулируются лицензией Контрольного совета по вопросам атомной энергии Канады (АЕСВ), который потребовал обеспечения максимальной радиационной защиты и безопасности персонала и местных жителей. Для удовлетворения этих требований и критериев принципа ALARA были разработаны необходимые документы, а именно руководство и нормы радиационной безопасности, инструкция по технике безопасности и процедуры радиационной защиты.

Группа по контролю и обеспечению радиационной защиты и по технике безопасности составляет и рассылает подготовленный с помощью компьютера отчет, в котором указывается доза облучения каждого рабочего, принимающего участие в реализации данного проекта, полученная в течение двух недель. До настоящего времени индивидуальная доза облучения персонала была значительно ниже допустимой (5 бэр в год или 3 бэра в квартал), поэтому маловероятно, что доза облучения каково-нибудь рабочего этого проекта даже приблизится к указанному пределу. Максимальная зарегистрированная индивидуальная доза облучения за 12-месячный период составила 225 мбэр. Индивидуальная доза облучения большинства рабочих была менее 110 мбэр.

* В этой программе широко использовался гидромонитор фирмы „Баттеруорт” модели 110-ЕТ с давлением водной струи до 2000 фунтов на квадратный дюйм (пси), или 40 МПа, хотя он может работать при давлении до 10 000 пси, или 68 МПа. Что касается загрязнения поверхностей тонким слоем радиоактивного материала, то уровень радиоактивности 170 топливных сборок, недавно помещенных в бассейн выдержки, составил 1,7 МБк/м², а поддонов для топливных сборок — до 2,2 МБк/м². Очень часто для очистки компонентов было достаточно добавить в воду пенные очищающие средства. Для работы с гидромонитором был создан специальный шкаф из нержавеющей стали, который задерживал небольшие разлетающиеся радиоактивно загрязненные частицы и водные брызги. Этот комплекс оказался очень эффективным и сделал ненужным использование специальной защитной одежды. Уровень наведенной радиоактивности бетонных полов (500 кБк/м²) был снижен до уровня, соответствующего требованиям критериев 1-го этапа снятия ядерных установок с эксплуатации при использовании скарификаторов и пылесосов.

Руководство проектом и издержки

В настоящее время на площадке работает 40 инженеров и техников и 50 квалифицированных рабочих фирмы AECL. Кроме того, в распоряжении руководства проектом имеется 15–25 рабочих из фирм-подрядчиков.

Работы на площадке возглавляет руководитель проекта — управляющий станцией, кроме того, имеется 7 управляющих-инспекторов, отвечающих за проведение местных инженерных работ и дезактивации, за радиологическую защиту, обращение с топливом, проведение различных операций, за работу служб станции и безопасности. Для сохранения своей независимости руководители групп радиационной защиты, техники безопасности и обеспечения качества не отчитываются перед руководителем проекта — управляющим станцией. При исследовании различных сценариев снятия с эксплуатации АЭС Джентилли-1 была проведена оценка издержек с использованием компьютерной программы, которая способна провести анализ потребностей в рабочей силе, доз облучения персонала в человеко-бэрах, вероятного объема радиоактивных отходов и издержек*.

* Более подробное описание программы DECOM приводится в статье *Методология компьютеризированной разработки модели издержек операций по снятию с эксплуатации атомных электростанций*, которую ее автор, Джон

Во время проведения работ по снятию АЭС с эксплуатации в эту компьютерную программу были введены данные о фактических издержках в сравнении с расчетными. Эта база данных может стать хорошим источником информации о возможных издержках для будущих работ по снятию ядерных установок с эксплуатации.

Ориентировочная стоимость программы по снятию с эксплуатации АЭС Джентилли-1, рассчитанной на 2 года, составляет 25 млн. канадских долларов; как ожидается, проект будет завершен своевременно (к апрелю 1986 г.) и в пределах ориентировочной стоимости.

Учитывая критически важный характер данного проекта, на площадке осуществляется компьютеризованная обработка данных таблицы издержек и графика руководства работами. Раз в неделю они пересматриваются, и в них вносят соответствующие изменения, необходимые для принятия мер в целях избежания возможных задержек.

Сароудис, подготовил в ноябре 1984 г. как часть координированной Программы МАГАТЭ по снятию ядерных установок с эксплуатации.

