

УДК 621.039

**В.А. САФОНОВ**, докт. техн. наук, **В.К. КУЧИНСКИЙ**, **В.М. ГАВРИШ** (Севастопольский национальный институт ядерной энергетики и промышленности, Государственное специализированное предприятие "Чернобыльская АЭС")

## ВОЗМОЖНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СНЯТИЯ С ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС УКРАИНЫ

Представлена информация о сроках эксплуатации атомных электростанций Украины, приведен анализ вариантов работ по их снятию с эксплуатации и определены основные мероприятия, обеспечивающие их выполнение в условиях Украины.

В мировой практике в настоящее время еще не накоплено достаточно опыта снятия с эксплуатации АЭС. Вместе с тем, эти проблемы становятся все более актуальными для Украины с учетом того, что определенный проектом ресурс (30 лет) большинства атомных блоков, действующих сегодня в стране, истекает в период с 2010-го по 2020 гг. В представленной ниже таблице приведена более подробная информация о сроках окончательной остановки энергоблоков АЭС Украины.

На сегодняшний день на четырех АЭС Украины эксплуатируется 13 энергоблоков установленной мощностью 11835 МВт. Энергоблоки №1-3 Чернобыльской АЭС досрочно остановлены и находятся на этапе прекращения эксплуатации. Если учесть возможность продления ресурса блоков на 10 лет, то времени на подготовку к снятию с эксплуатации осталось не так уж и много. Данная информация, кроме задачи снятия с эксплуатации, поднимает также вопрос о крупно-

масштабности кампании в довольно короткий период. В связи с этим в настоящее время должны быть тщательно отработаны технологии снятия с эксплуатации блоков АЭС и АЭС в целом.

В ближайшем будущем на АЭС страны должны быть развернуты широкомасштабные работы по снятию с эксплуатации ядерных энергоблоков. Для безопасного и эффективного проведения этих работ необходимо достаточное финансовое и научно-техническое обеспечение.

За рубежом снятие ядерных установок с эксплуатации началось больше четырех лет назад. Сегодня странами – членами МАГАТЭ накоплен достаточно большой опыт в технологиях снятия с эксплуатации малых ядерных установок (ЯУ). Вместе с тем, опыт работ для крупных промышленных АЭС минимален, в общем случае определены лишь базовые концепции. По состоянию на 1997 год ни один мощный коммерческий ядерный энергоблок стран мирового сообщества не был

Наименование АЭС	№ энергоблока / Тип реактора	Энергопуск блока	Остаточный срок службы (лет)	Предполагаемая дата завершения эксплуатации
Запорожская	1/ВВЭР-1000/320	10.12.84	12	10.12.2014
	2/ВВЭР-1000/320	22.07.85	13	22.07.2015
	3/ВВЭР-1000/320	10.12.86	14	10.12.2016
	4/ВВЭР-1000/320	18.12.87	15	18.12.2017
	5/ВВЭР-1000/320	14.08.89	17	14.08.2019
	6/ВВЭР-1000/320	19.10.95	23	19.10.2026
Южно-Украинская	1/ВВЭР-1000/320	31.12.82	10	31.12.2012
	2/ВВЭР-1000/338	06.01.85	13	06.01.2015
	3/ВВЭР-1000/320	20.09.89	17	20.09.2019
Ривненская	1/ВВЭР-440/213	22.12.80	8	22.12.2010
	2/ВВЭР-440/213	22.12.80	9	22.12.2010
	3/ВВЭР-1000/320	21.12.86	14	21.12.2016
Чернобыльская	1 <sup>1</sup> /РБМК-1000	26.09.77		
	2 <sup>2</sup> /РБМК-1000	21.12.78		
	3 <sup>3</sup> /РБМК-1000	03.12.81		
Хмельницкая	1/ВВЭР-1000/320	22.12.87	15	22.12.2017

1<sup>1</sup> – блок №1 ЧАЭС остановлен 30.11.96, режим снятия с эксплуатации;

2<sup>2</sup> – блок №2 ЧАЭС остановлен 11.10.91 после пожара в машинном зале, режим снятия с эксплуатации;

3<sup>3</sup> – блок №3 ЧАЭС остановлен 15.12.2000, постановление КМУ №528 от 29.03.2000.

вигатно виведен из експлуатації (хотя к 1990 году в 19 странах виведены из експлуатації свыше 19 ЯУ, в том числе 34 демонстрационных энергетических реактора общей мощностью порядка 2800 МВт и максимальной единичной мощностью до 270 МВт). Следовательно, существует дефицит реальных полномасштабных опытных данных по выводу энергоблоков из експлуатації.

Концепция снятия ЯУ с експлуатації для конкретного государства – члена МАГАТЭ подвержена влиянию множества факторов со стороны:

- структуры атомной программы данного государства;
- нормативных и законодательных актов, принятых в государстве;
- наличия заводов по переработке отходов (включая хранилища);
- наличия фондов по снятию с експлуатації;
- особенностей национальной политики по радиационной и экологической безопасности.

Такие факторы, как место расположения, размер, форма собственности и тип ЯУ также оказывают влияние на условия снятия с експлуатації.

Технологии снятия с експлуатації имеют большое количество вариантов, но также и свои отличия для каждой ЯУ, что может стать причиной проблем, связанных с необходимостью развития специальных дистанционных средств, оборудования и технологий дезактивации для конкретной ЯУ. В свою очередь, это требует расходов средств и времени и может привести к существенной задержке в достижении цели снятия с експлуатації.

В мировой практике на настоящий момент наибольшее распространение получили три варианта работ по снятию с експлуатації:

- захоронение блока на месте (ENTOMB);
- ликвидация блока с немедленным демонтажем реакторных конструкций (DEKON);
- ликвидация блока с отложенным демонтажем реакторных конструкций на 30-130 лет (SAFSTOR).

Каждый из этих вариантов характеризуется двумя основными параметрами: физическим состоянием предприятия после снятия его с експлуатації и уровнем необходимого в этом состоянии наблюдения и контроля. На практике применяются различные комбинации этих трех основных вариантов, включая использование нескольких вариантов для снятия с експлуатації различных частей одного и того же предприятия.

Проанализировав указанные варианты вывода из експлуатації, можно сделать следующие выводы:

- захоронение ЯУ с точки зрения практической реализуемости в Украине нецелесообразно. Основанием может служить, прежде всего, активность конструкций реактора. Длительность захоронения ЯУ до падения активности приемлемого уровня будет составлять многие тысячи лет, что определяется в основном долгосуществующими радиоактивными элементами согласно "Основным санитарным правилам противорадиационной защиты Украины" (ОСПУ). Это существенно превышает временной ресурс работоспособности любых инженерных барьеров защиты;

- ликвидация блока с немедленным демонтажем конструкций реактора: ввиду нынешних экономических и технических возможностей неприемлема для Украины или недостаточно технически осуществима;

- ликвидация блока с отложенным демонтажем конструкций. Данный вариант следует считать наиболее технически и экономически осуществимым в условиях Украины.

Процесс снятия с експлуатації ЯУ формально можно разбить на два вида деятельности. Первый включает разработку проекта, в рамках которого осуществляется выбор варианта снятия с експлуатації, определяются основные этапы и сроки их выполнения, уровень и характер радиоактивного загрязнения оборудования, проводятся исследования, выбор технических решений, связанных с демонтажем, дезактивацией и другими операциями. Определяются финансовые затраты по проекту и т.д.

Второй вид деятельности при снятии с експлуатації – обращение с отработанным ядерным топливом и РАО, накопленными как в процессе експлуатації, так и в результате технических операций по снятию с експлуатації. По расчетам, для США затраты на обращение с данными отходами могут составить до 38% всех затрат на снятие с експлуатації, а результаты исследования, проведенного в Великобритании, подтверждают, что доля этих расходов возрастает и в настоящее время составляет примерно 45%. Следует также учесть, что эти данные получены для "малых реакторов" без учета специфики крупных промышленных АЭС. Для условий Украины такие затраты будут намного больше из-за отсутствия инфраструктуры обращения с РАО и отработанным ядерным топливом.

Существующая практика обращения с отработанным ядерным топливом основана преимущественно на хранилищах мокрого типа, расположенных на АЭС. Постоянные хранилища

отработанного топлива вне АЭС в Украине отсутствуют, поскольку проектом предполагалось, что отработанное топливо по мере необходимости отправляется на предприятия по хранению/переработке, расположенные на территории Российской Федерации. Предполагаемая стратегия по обращению с отработанным топливом будет выбираться из двух направлений:

- дальнейшая перевозка отработанного ядерного топлива в РФ;
- создание замкнутого ядерного цикла, включая заводы по переработке и системы хранилищ для безопасного обращения с отработанным ядерным топливом.

Приходится констатировать, что хотя в Украине и принят ряд нормативных документов по снятию с эксплуатации ЯУ, они описывают лишь общие принципы снятия с эксплуатации, не учитывая конкретные технические и финансовые мероприятия, необходимые для определенной ЯУ. В частности, финансовое планирование для ЧАЭС предусмотрено только до этапа консервации, причем конкретные суммы до сих пор не определены и носят предположительный характер.

Реальное положение дел таково, что если для действующих АЭС время на разработку необходимых регламентирующих документов еще есть, то для ЧАЭС, находящейся в стадии прекращения эксплуатации, любое промедление приводит к необоснованным экономическим затратам.

В частности, в Украине отсутствует полный комплекс документов, регламентирующих проведение дезактивационных работ, которые необходимы при снятии с эксплуатации ЯУ.

Также не определены источники финансирования работ по снятию с эксплуатации. И если для работ на ЧАЭС таковыми в соответствии со статьей 7 Закона Украины [3] являются: госбюджет, субсидии и кредиты в рамках междуна-

рных обязательств согласно "Меморандуму..." [4], инвестиции, в том числе зарубежные, то для других АЭС не существует реальных источников финансирования работ по снятию с эксплуатации.

За рубежом для подобных работ создаются специальные фонды, поступления в которые формируются за счет постоянной составляющей в стоимости вырабатываемой на АЭС электроэнергии. В Украине таких фондов нет. В целом, проблема заключается не в создании фонда как такового, а в реальной способности эксплуатирующей организации в условиях неплатежей за отпущенную электроэнергию отчислять средства в этот фонд.

Следует признать, что дальнейшее промедление с созданием фонда снятия с эксплуатации может привести в перспективе к более резкому повышению себестоимости электроэнергии, вырабатываемой на АЭС, что в свою очередь может отрицательно сказаться на состоянии всей атомной отрасли Украины.

До сих пор не определены суммы, требующиеся для снятия с эксплуатации конкретного блока каждой АЭС, что не позволяет определить размер общего фонда по снятию с эксплуатации.

Техническая сторона проблемы показывает – в стране нет необходимого комплекса специальных роботизированных и дистанционно управляемых средств для безопасного демонтажа реакторов. Кроме того, отсутствуют необходимые объемы хранилищ для долгоживущих РАО и ОЯТ, образующихся в процессе работ по снятию с эксплуатации, что является весомым аргументом в пользу принятия стратегии снятия с эксплуатации ЯУ с отложенным демонтажем.

Учитывая данные, указанные в таблице, Украине уже сейчас необходимо начать работы по созданию необходимого объема и количества хранилищ долгоживущих РАО.

1. Общие положения обеспечения безопасности при снятии с эксплуатации атомных электростанций и исследовательских ядерных реакторов. – НП 306.2.02/1.004-98.

2. Концепция снятия с эксплуатации действующих АЭС Украины. – Министерство топлива и энергетики Украины. – 2001.

3. Об основных положениях дальнейшей эксплуатации и снятия с эксплуатации Чернобыльской АЭС и преобразования аварийного четвертого энергоблока этой АЭС в экологически безопасную систему: Закон Украины.

4. Меморандум про взаєморозуміння між Урядом України і Урядами країн "Великої сімки" та Комісією Європейського Співтовариства щодо закриття Чорнобильської АЕС. – Оттава, 20.12.95.