

Д. А. Стельмах, В. К. Кучинский,
В. М. Гавриш, А. А. Бачурин

Государственное специализированное предприятие
«Чернобыльская АЭС»

Применение мультифакторного анализа для определения продолжительности этапа длительной выдержки при снятии с эксплуатации Чернобыльской АЭС

Статья посвящена вопросу определения продолжительности этапа выдержки при снятии с эксплуатации Чернобыльской АЭС с учетом следующих факторов, влияющих на сроки выдержки: экономической целесообразности; наличия необходимой инфраструктуры для обращения с РАО; ресурса барьеров безопасности; достаточного финансирования работ по демонтажу. Посредством мультифакторного анализа установлены предполагаемые сроки окончания этапа выдержки и определены условия, которые могут повлиять на его продолжительность. Предлагаемый подход позволяет сделать стратегию снятия с эксплуатации более гибкой, а изменения в ней более предсказуемыми, что немаловажно с точки зрения безопасности

Д. А. Стельмах, В. К. Кучинський, В. М. Гавриш, А. О. Бачурін

Використання мультифакторного аналізу для визначення тривалості етапу витримки при знятті з експлуатації Чернобыльської АЕС

Стаття присвячена питанню визначення тривалості етапу витримки при знятті з експлуатації Чернобыльської АЕС з урахуванням чинників, що впливають на терміни витримки: економічної доцільності; наявності необхідної інфраструктури для поводження з РАО; ресурсу бар'єрів безпеки; достатнього фінансування робіт з демонтажу. На підставі мультифакторного аналізу встановлено попередній термін закінчення етапу витримки і визначено умови, які можуть вплинути на його тривалість. Пропонований підхід дозволяє зробити стратегію зняття з експлуатації гнучкішою, а зміни в ній передбаченішими, що важливо з погляду безпеки.

После останова последнего, 3-го энергоблока [1], на базе Чернобыльской АЭС было создано государственное специализированное предприятие «Чернобыльская АЭС» для комплексного решения проблем, связанных со снятием с эксплуатации энергоблоков АЭС Украины и преобразованием объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему [2]. В соответствии с лицензией ЕО № 000040 от 22.03.2002 [3], выданной ГСП ЧАЭС на право выполнения деятельности по снятию с эксплуатации Чернобыльской АЭС, одним из первоочередных особых условий (п. 3.2.26) являлась разработка стратегии снятия с эксплуатации (СЭ) энергоблоков ЧАЭС. В ней, кроме описания последовательности и содержания этапов СЭ, состояния установок после завершения каждого этапа, также должна быть определена продолжительность этапов СЭ.

При выборе стратегии снятия с эксплуатации в соответствии с рекомендациями МАГАТЭ [4, 5], как правило, рассматриваются три варианта СЭ: немедленный демонтаж, отложенный демонтаж и захоронение на месте. В настоящее время применительно к реакторам типа РБМК имеются примеры принятия положительных решений по всем перечисленным вариантам.

В России снимается с эксплуатации ряд промышленных уран-графитовых реакторов Сибирского химического комбината, построенных в 1948–1965 гг. в СССР для наработки плутония и других изотопов. Промышленные реакторы, по сути, являются прототипами энергетических реакторов и их конструкция во многом схожа с РБМК-1000. Для данных реакторов принята стратегия снятия с эксплуатации «захоронение на месте» [6, 7]. Этот вариант подразумевает: загрязнённое оборудование, внешнее по отношению к реактору, будет демонтировано после длительной выдержки (30–50 лет); реактор приводится в состояние длительной стабильности, позволяющее безопасно его захоронить на 100 и более лет.

В Литве 1-й блок Игналинской атомной электростанции был остановлен в 2005 г.; предполагается, что 2-й блок будет остановлен до 2010 г. Оба энергоблока ИАЭС включают в себя реакторные установки типа РБМК-1500, которые относятся к последнему из действующих поколений РБМК. При выборе стратегии снятия с эксплуатации блоков ИАЭС был признан предпочтительным вариант немедленного демонтажа [8, 9]. Процесс снятия с эксплуатации планируется завершить в 2030 г., после чего на площадке останутся хранилища РАО и ОЯТ, а остальная территория должна быть освобождена от регулирующего контроля либо будет использована для строительства новых энергоблоков.

Для Чернобыльской АЭС принята такая стратегия снятия с эксплуатации [10, 11], как отложенный демонтаж, согласно чему оборудование реакторных установок (реактор и КМПЦ) будет законсервировано и после длительной выдержки демонтировано.

Одно из основных отличий между рассмотренными вариантами — длительность процесса снятия с эксплуатации. Если на Игналинской АЭС планируется выполнить работы в течение 25 лет (с момента останова первого блока), то для промышленных уран-графитовых реакторов Сибирского химического комбината процесс СЭ будет длиться 100 и более лет. Очевидно, срок окончания отложенного демонтажа Чернобыльской атомной электростанции тоже должен быть определен.

В определении сроков завершения снятия с эксплуатации Чернобыльской АЭС главную роль играет продолжи-

тельность этапа выдержки. Более того, срок длительной выдержки имеет большое значение с точки зрения безопасности и влияет на показатели всех этапов СЭ. Например, чтобы составить перечень мероприятий на этапе консервации по приведению установок в состояние, обеспечивающее безопасное хранение радиоактивных веществ [12], необходимо чётко знать время выдержки. От него будут зависеть объёмы предполагаемых работ, продолжительность этапа, трудовые и финансовые затраты.

Изначально предполагалось [11], что сроки выдержки будут установлены отдельно для реактора и контура многократной принудительной циркуляции (КМПЦ). По предварительным оценкам они составляли 30 – 50 лет для КМПЦ (с момента останова блока) и 80 – 100 лет для реактора. За основной критерий при определении сроков выдержки принимался спад активности реакторной установки. Влияние других факторов не учитывалось. Поэтому одним из обязательных условий принятия стратегии СЭ Чернобыльской АЭС оговаривалось дополнительное обоснование сроков выдержки [13].

Это замечание было учтено при разработке «Программы снятия с эксплуатации ЧАЭС» [14], в которой продолжительность этапов СЭ пересмотрена с учётом дополнительных факторов. В Программе СЭ выделены следующие наиболее критичные факторы, в зависимости от которых может корректироваться продолжительность этапа выдержки:

- экономическая целесообразность;
- наличие необходимой инфраструктуры для обращения с РАО, образующихся при демонтаже;
- ресурс барьеров безопасности;
- достаточное финансирование работ по демонтажу.

Экономическая целесообразность. В Концепции СЭ Чернобыльской АЭС [11] указывался основной принцип, в соответствии с которым должна определяться продолжительность выдержки: «Выдержка наиболее загрязнённого оборудования должна выполняться в течение времени, необходимого для снижения уровня радиоактивности данного оборудования, но не более времени, в течение которого гарантируется целостность барьеров». Однако в Концепции СЭ не были выбраны барьеры безопасности, а соответственно не установлены ресурс барьеров и затраты на поддержание барьеров в работоспособном состоянии. Таким образом, предварительная оценка сроков выдержки в Концепции СЭ носила односторонний и неполный характер.

Данный вопрос был решен в Программе СЭ ЧАЭС [14], в которой сроки выдержки определялись с точки зрения экономической целесообразности – по принципу суперпозиции эксплуатационных затрат на протяжении этапа выдержки и радиационной составляющей стоимости демонтируемых работ (рис. 1).

Эксплуатационные затраты связаны с обеспечением условий безопасного хранения источников ионизирующего излучения на протяжении этапа выдержки и включают в себя, главным образом, затраты на поддержание барьеров безопасности в работоспособном состоянии.

В Программе СЭ для блоков с реактором типа РБМК-1000 было предложено и обосновано с точки зрения безопасности в качестве основного физического барьера на пути распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ использовать строительные конструкции реакторного отделения (герметичное ограждение реакторной установки).

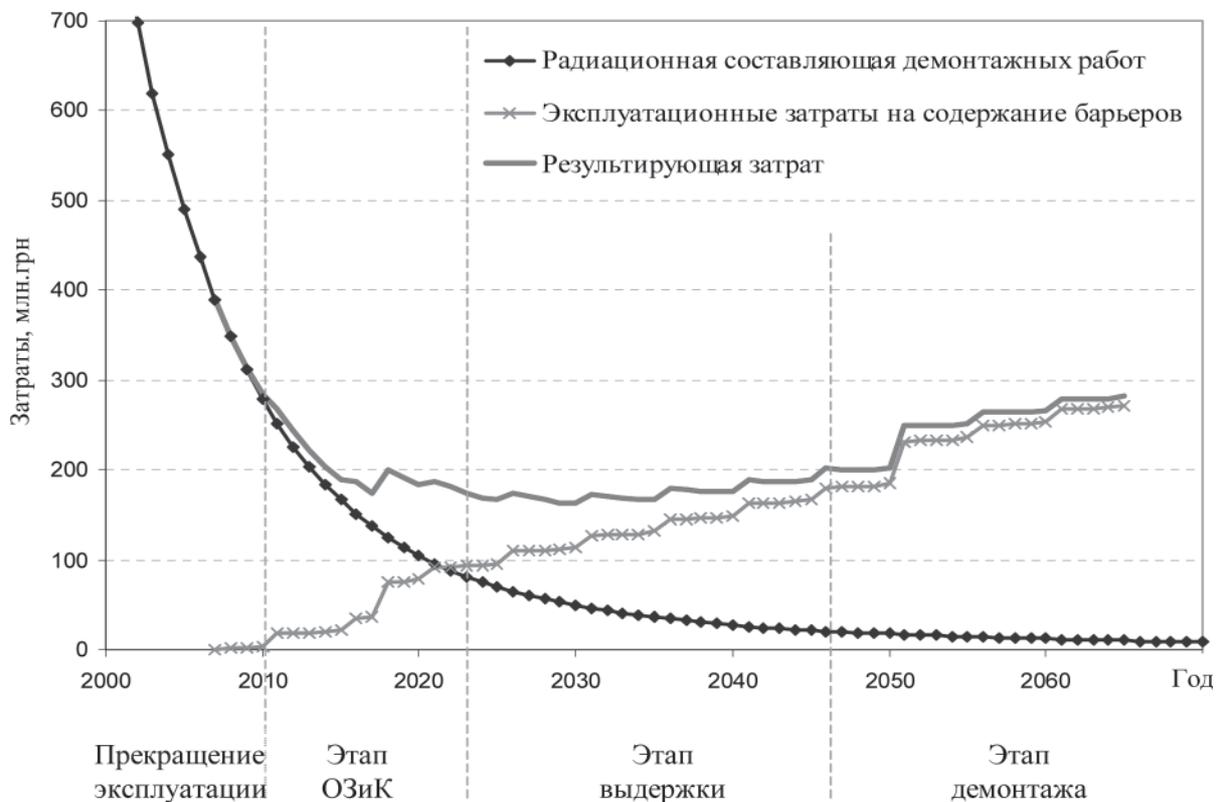


Рис. 1. Зависимость затрат от времени выдержки

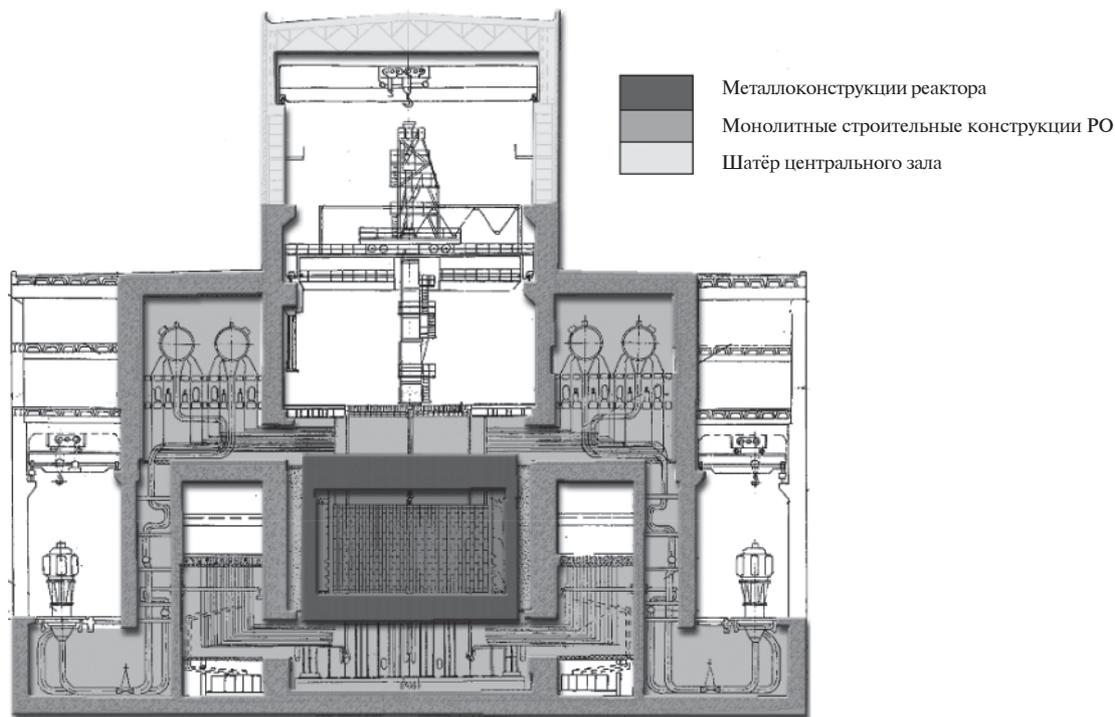


Рис. 2. Барьеры

Центральная часть реакторного отделения (РО) образует систему герметичных помещений, выполненных из сборно-монолитных железобетонных конструкций (рис. 2). Результаты обследования и долгосрочного прогноза состояния строительных конструкций РО блоков ЧАЭС показали, что несущие железобетонные конструкции перекрытий, колонн и монолитных стен зданий реакторного отделения в состоянии сохранять свою работоспособность на протяжении 50 лет (по данным на 2003 г.) с возможностью в дальнейшем продления срока эксплуатации при условии проведения технического обслуживания, текущих и капитальных ремонтов [15, 16].

Оценка эксплуатационных затрат выполнена научно-исследовательским институтом строительных конструкций (НИИСК) [16]. При определении стоимости обслужива-

ния и обеспечения надежности и долговечности строительных конструкций блоков Чернобыльской АЭС учитывались следующие затраты:

- на капитальный ремонт;
- текущий ремонт;
- инженерное обследование;
- техническое обслуживание.

Стоимостные затраты на содержание конструкций зданий определялись в зависимости от их сроков службы исходя из первоначальной стоимости здания (табл. 1).

НИИСК также было отмечено, что в Украине на данный момент отсутствуют достаточный опыт СЭ АЭС и нормативная база в части оценки эксплуатационных затрат на содержание и обслуживание подобных сооружений на длительную перспективу. Поэтому определение такого рода затрат носит предварительный характер, что обусловлено неопределённостью многих факторов.

Радиационная составляющая монтажных работ учитывает тот факт, что будет демонтироваться радиационно-загрязнённое оборудование. Эта величина равна разности затрат на демонтаж «чистого» и «грязного» оборудования. Она включает дозовые нагрузки на персонал, подготовку рабочего места, необходимость применения средств индивидуальной защиты и специальных технологий при демонтаже. Значение радиационной составляющей пропорционально активности дозообразующих радионуклидов и изменяется с течением времени за счёт радиоактивного распада.

В результате комплексного инженерно-радиационного обследования (КИРО) блоков №№ 1, 2, 3 [17, 18, 19] уточнён перечень оборудования, для которого целесообразна выдержка, а также определены количество радиоактивных отходов, которые образуются при демонтаже реакторных установок, и их радиационные характеристики. Далее по данным КИРО выполнена прогнозная оценка динамики изменения радиационной обстановки в помещениях реакторного отделения (в зонах демонтажа) в зависимости от

Таблица 1. Затраты на содержание строительных конструкций энергоблоков Чернобыльской АЭС

Статья затрат	Периодичность	Стоимость, тыс. грн		%
		За год	Суммарная	
Капитальный ремонт	2018 год 2051 год	36 781 44 137	80 918	29,7
Текущий ремонт	Раз в 5 лет	12 085	120 850	44,4
Техническое обслуживание	Ежегодно	540	31 860	11,7
Инженерное обследование	Раз в 5 лет	2 125	25 500	9,4
Итого	С 2007 по 2064 год		259 128	95,2
ВСЕГО с учетом 5%*	С 2007 по 2064 год		272 084	100,0

*Коэффициент, учитывающий неопределенности.

времени выдержки [20]. Полученная информация использовалась для расчёта дозовой составляющей стоимости демонтажных работ, которая включала два типа затрат.

Во-первых, учитывалась компенсация за возможное превышение допустимых дозовых пределов, регламентируемых действующей нормативной документацией. Размер компенсации устанавливался на основании Закона Украины «О защите от ионизирующего излучения», в соответствии с которым размер компенсации за 1 мЗв определен в 1,2 необлагаемых минимума. В 2007 г. размер необлагаемого минимума составлял 17 грн. Таким образом, компенсация за 1 мЗв сверх допустимого предела равна 20,4 грн.

Во-вторых, учитывалось повышение трудозатрат на выполнение демонтажа при работе в зонах с повышенной мощностью экспозиционной дозы [23]:

МЭД, мР/ч	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	1000
K	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0

В расчётах в качестве исходных трудозатрат на демонтаж КМПЦ и реактора одного блока были приняты соответственно 448 300 и 210 000 чел. ·ч [21, 22]. Стоимость рабочего времени рассчитывалась исходя из среднемесячной заработной платы работника в режиме полной занятости (при среднемесячной норме продолжительности рабочего времени 150,00 чел. ·ч) – 2850 грн.

Продолжительность этапа выдержки с точки зрения экономической целесообразности. Как отмечено выше, в Концепции СЭ ЧАЭС предполагалось установить разные сроки выдержки – отдельно для КМПЦ и реактора. Однако из графиков на рис. 3 видно, что после выдержки реакторной установки более 50 лет с момента останова радиационные составляющие демонтажа реактора и КМПЦ становятся примерно одинаковыми. Поэтому в Программе СЭ ЧАЭС был сделан вывод, что для реактора и КМПЦ целесообразно установить единый срок выдержки.

Из рис. 3 видно, что демонтаж реакторной установки экономически целесообразно начать не позднее 2050 г. (50 – 60 лет выдержки после останова блоков). Позже этого срока на поддержание барьеров в работоспособном состоянии будет тратиться значительно больше средств, чем экономиться за счёт уменьшения радиационной составляющей демонтажных работ. В этом случае экономический эффект от этапа выдержки нивелируется. Согласно полученным результатам, в Программе СЭ ЧАЭС [14] окончание этапа выдержки намечено на 2046 г.

Выполненные оценки затрат несут предварительный характер и содержат ряд неопределённостей. Например, при расчётах не учитывались инфляционные процессы, рост уровня заработной платы, увеличение стоимости энергоносителей, а также возможные методические ошибки при определении радиационных характеристик и затрат на содержание строительных конструкций. В связи с тем, что данные прогнозные оценки долгосрочные, немаловажно знать степень влияния такого рода неопределённостей на характер суммарных затрат. С этой целью дополнительно выполнен ряд уточняющих расчётов, в которых учтены возможные отклонения при определении дозовой составляющей демонтажа и эксплуатационных затрат. Величина отклонений указанных составляющих принята ±50 %.

Из характера зависимостей (рис. 4) можно судить, что основное влияние на выбор сроков демонтажа с точки зрения экономической целесообразности оказывают эксплуатационные затраты на поддержание барьеров безопасности. Поэтому данной статье расходов необходимо уделить основное внимание. На практике значение эксплуатационных затрат будет определяться техническими решениями, принятыми на этапе консервации установки. В связи с этим в проекте консервации РУ предпочтение должно отдаваться системам и элементам, не требующим обслуживания, имеющим минимальные потребности в энергоносителях и технологических средах, что позволит минимизировать

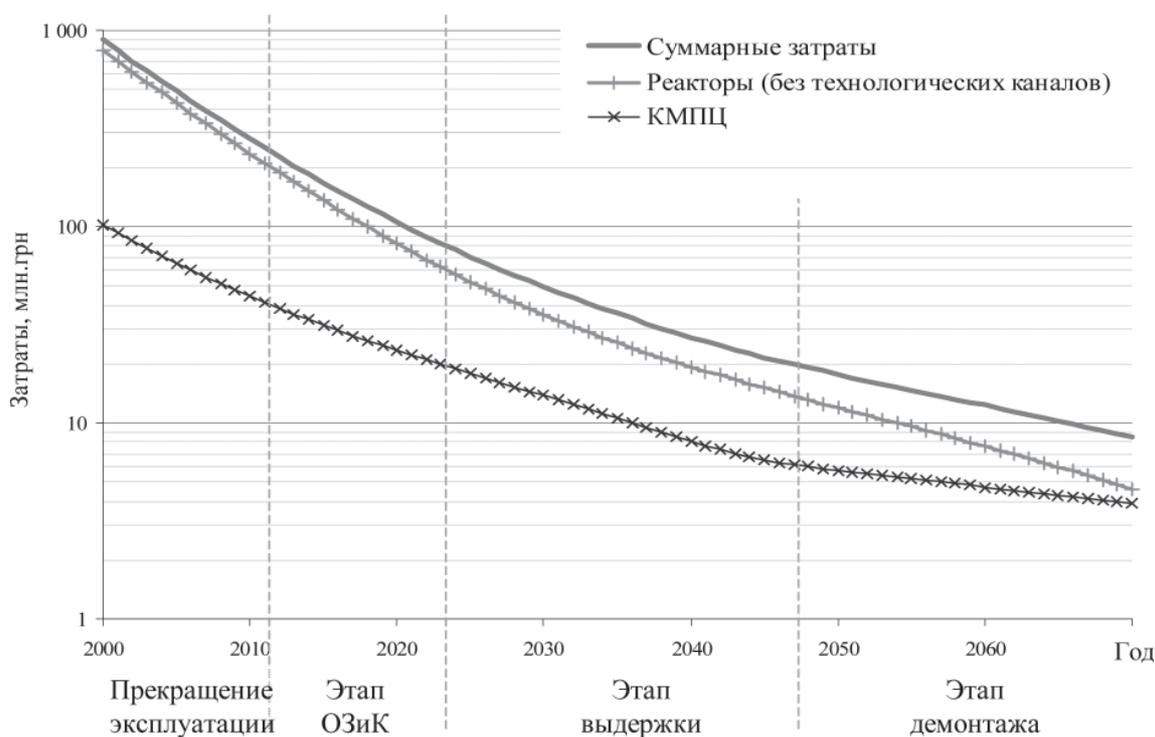


Рис. 3. Временная динамика изменения радиационной составляющей демонтажных работ



Рис. 4. Оценка чувствительности результирующей затрат к неопределённостям при расчёте эксплуатационных затрат



Рис. 5. Оценка чувствительности результирующей затрат к неопределённостям при расчёте радиационной составляющей демонтажа

эксплуатационные затраты и получить максимальный экономический эффект от этапа выдержки.

В то же время неопределённости при расчёте радиационной составляющей имеют значимую величину только в начальный период (рис. 5). Далее, к концу срока выдерж-

ки, радиационная составляющая вносит в суммарные затраты лишь незначительный вклад (около 10%). Это ещё раз подтверждает тот факт, что при уточнении суммарных затрат акцент будет смещаться в сторону эксплуатационных затрат на поддержание барьеров.



Рис. 6. Зависимость суммарных затрат от времени выдержки

Наличие инфраструктуры для обращения с РАО. Важность этого фактора продиктована тем, что отсутствие необходимой инфраструктуры, достаточной для обращения с предполагаемыми потоками РАО, повлечёт за собой продление сроков выдержки, потому что извлечение ИИИ из зоны консервации, ограниченной барьерами безопасности, будет оправдано лишь в том случае, если гарантировано дальнейшее безопасное обращение с ними (в первую очередь хранение РАО).

Наиболее актуален вопрос обращения с длительно существующими РАО (ДСО), которые образуются при демонтаже КМПЦ и реактора. Согласно национальному законодательству, ДСО должны быть захоронены в глубоких геологических формациях. Подобного хранилища на территории Украины не существует. Если к моменту окончания этапа выдержки не будет создана установка для захоронения ДСО, возникнет вопрос об организации промежуточного хранения рассматриваемых отходов. Для ЧАЭС возможны два основных варианта промежуточного хранения ДСО после этапа выдержки. На их примере выполнена сравнительная финансовая оценка:

первый вариант — строительство установки для промежуточного хранения ДСО. Финансовая оценка включила в себя стоимость создания нового хранилища и эксплуатационные затраты на организацию хранения отходов. Ориентировочно для трёх блоков затраты составят 180 млн грн [14];

второй вариант — хранение ДСО в границах существующих барьеров реакторных установок. В этом варианте учитывались только эксплуатационные затраты на поддержание барьеров в работоспособном состоянии после этапа выдержки (рис. 6). Для сравнения, кроме принятой динамики эксплуатационных расходов (табл. 1), учитывалась возможность превышения и сокращения установленных затрат.

Хранение длительно существующих отходов в пределах реакторной установки может оказаться более предпочтительным, чем сооружение нового промежуточного храни-

лища. При сохранении принятой динамики эксплуатационных расходов на поддержание барьеров затраты для обоих вариантов хранения ДСО будут соизмеримы (рис. 6), а при условии сокращения эксплуатационных затрат даже можно получить положительный экономический эффект. Однако второй вариант также подразумевает увеличение длительности всего процесса снятия с эксплуатации ЧАЭС на время, которое равно сроку хранения ДСО в границах зоны консервации (рис. 6).

Ресурс барьеров. Работоспособность барьеров на протяжении всего срока выдержки — одно из обязательных условий обеспечения безопасного хранения ИИИ и РАО. Так, при СЭ блоков ЧАЭС в качестве барьеров будут использованы существующие строительные конструкции реакторного отделения и металлоконструкции реактора, проектный срок эксплуатации которых значительно меньше времени завершения этапа выдержки; учитывая изменения условий эксплуатации (температурный режим, влажность, технологические среды), актуален вопрос прогнозирования состояния и продления ресурса строительных и металлических конструкций.

Результаты исследований показывают, что компенсирующие мероприятия потребуются как на этапе консервации (реконструкция шатра ЦЗ, ранний демонтаж ТК), так и на этапе выдержки (обследование, техническое обслуживание и ремонт). Объёмы работ будут расти со сроком использования барьеров до момента, когда эксплуатационные затраты на поддержание барьеров в работоспособном состоянии станут определяющими при выборе срока окончания этапа выдержки.

Сложность прогнозирования состояния барьеров состоит в отсутствии достаточного опыта использования железобетонных и металлических конструкций на ядерных установках для интервалов времени более 50 лет. В связи с этим запланировано исследование металлоконструкций

реактора и строительных конструкций блоков, результатом которого будет прогнозирование их состояния на этапах СЭ, что позволит разработать мероприятия, гарантирующие работоспособность барьеров.

Достаточное финансирование работ по демонтажу. Данный фактор может стать определяющим, если на момент начала работ по демонтажу не будет накоплено достаточно средств. В таком случае этап выдержки может быть продлён, так как разовое вложение в продление ресурса барьеров может оказаться экономически более предпочтительным при сложившейся финансовой ситуации, несмотря на рост итоговой суммы эксплуатационных затрат.

Выводы

Использование мультифакторного анализа при определении продолжительности этапа выдержки позволяет учесть риски, связанные с неопределённостями на момент принятия стратегии СЭ. Подобный анализ даёт представление о том, как может быть откорректирована стратегия СЭ в зависимости от сложившейся ситуации, что делает стратегию более гибкой. Такой подход позволяет предусмотреть наиболее вероятные варианты изменения стратегии и ещё на этапе разработки проекта консервации РУ заложить соответствующие технические решения. Прогнозируемость ситуации имеет большое значение с точки зрения безопасности СЭ.

В уточнённой стратегии СЭ ЧАЭС срок окончания этапа выдержки принят с точки зрения экономической целесообразности и учитывает неопределённости подобных прогнозных оценок. В случае рассмотрения вопроса о продлении установленных сроков этапа выдержки определяющими факторами станут ресурс барьеров безопасности и наличие достаточно развитой инфраструктуры по обращению с РАО.

Технические решения, которые будут приняты в проекте консервации РУ, должны обеспечить работоспособность физических барьеров безопасности на срок, превышающий окончание этапа выдержки. Предпочтение должно отдаваться тем технологиям, которые позволят в будущем, при необходимости, с минимальными затратами продлить срок эксплуатации барьеров. В проекте консервации РУ должен делаться выбор в пользу систем и элементов, которые не требуют значительного объёма ремонтных работ и технического обслуживания, имеющим минимальные потребности в энергоносителях и технологических средах, что позволит сократить эксплуатационные затраты и получить максимальный экономический эффект от этапа выдержки.

Гарантировать безопасность СЭ и минимизацию итоговой стоимости СЭ ЧАЭС можно только при условии обеспечения достаточного и своевременного финансирования работ по СЭ.

Литература

1. Постанова КМУ № 598 від 29 березня 2000 р. «Про дострокове припинення експлуатації енергоблока № 3 та остаточне закриття Чорнобильської АЕС».
2. Постанова КМУ № 399 від 25 квітня 2001 р. «Про утворення державного спеціалізованого підприємства Чорнобильська АЕС».

3. Transition from Operation to Decommissioning of Nuclear Installations: Technical Report Series No. 420, IAEA. — Vienna, 2004. — 226 p.

4. Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors, Safety Standards Series No. WS-G-2.1, IAEA. — Vienna, 1999. — 40 p.

5. Selection of decommissioning strategies: Issues and factors, Report by an expert group. IAEA-TECDOC-1478, IAEA. — Vienna, 2005. — 43 p.

6. Б. А. Пятунин. Анализ и обобщение практического опыта демонтажных работ и работ по реконструкции канальных уран-графитовых реакторов // Сб. статей «Атомные электрические станции России. Полувек юбилей». — М: Росэнергоатом, 2004. — С. 383 — 418.

7. В. В. Вайнштейн. Вывод из эксплуатации ядерных установок // Сб. статей «Атомные электрические станции России. Полувек юбилей». — М: Росэнергоатом, 2004. — С. 369 — 382.

8. Technical and Financial Considerations Required to Select an INPP Decommissioning Strategy: Decommissioning Project Management Unit // Ignalina Nuclear Power Plant. For A1.1 Issue: 2. — Visaginas, 2002. — 60 p.

9. Проект снятия с эксплуатации U1DP0. Глава 6. Анализ, описание и график работ снятия с эксплуатации: Группа управления проектом снятия с эксплуатации / Игналинская атомная электростанция. A1.4/ED/B4/0004. — 2005. — Вып. 04. — 17 с.

10. Комплексна програма зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС / ДСП ЧАЕС. Інв № 158-ПТО. — Славутич, 2000. — 39 с.

11. Концепція зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС / ДСП ЧАЕС. Інв. № 35. — Славутич, 2004. — 69 с.

12. Загальні положення забезпечення безпеки при знятті з експлуатації атомних електростанцій та дослідницьких ядерних реакторів: норми та правила з ядерної та радіаційної безпеки / Мінекобезпеки України. НП 306.2.02./1.004-98. — 1998. — 9 с.

13. Висновок державної експертизи ядерної та радіаційної безпеки документа ДСП ЧАЕС «Концепція зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС» / ДКЯРУ. — 2003. — 4 с.

14. Програма зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС / ГСП ЧАЭС. — Славутич, 2006. — 198 с.

15. Обследование состояния несущих строительных конструкций III энергоблока ГСП ЧАЭС: реакторного отделения, машинного зала, деаэрационной этажерки: Отчет о НИР / НИИСК. — К., 2001. — 520 с.

16. Техничко-економічна оцінка строків видержки і аналіз стійкості конструкцій. (Т. 2, ч. 4): Отчет о НИР / КИЭП. 30-603.202.001.НР.02.04. — К., 2007. — 112 с.

17. Итоговый отчет по результатам комплексного инженерного и радиационного обследования энергоблока № 1 / ГСП ЧАЭС. № 14.50.420.120-01.57. — Славутич, 2000. — 231 с.

18. Итоговый отчет по результатам комплексного инженерного и радиационного обследования энергоблока № 2 / ГСП ЧАЭС. № 14.50.420.280-01.32. — Славутич, 2002. — 225 с.

19. Сводный итоговый отчет по результатам комплексных инженерных и радиационных обследований энергоблоков № 2, 3 / ГСП ЧАЭС № 14.50.420.300-01.53; Инв. № 51. — Славутич, 2005. — 870 с.

20. Техничко-економічна оцінка необхідності дезактивації і границь консервації. (Т. 2, ч. 2): Отчет о НИР / КИЭП. 30-603.202.001.НР.02.02. — К., 2007. — 178 с.

21. Концептуальний проект технологічних і організаційних принципів демонтажу обладнання і допоміжних систем АЭС с реакторами РБМК. Кн. 1 / ВО ВНИПИЭТ, НПО «Энергия» ВНИ АЭС. — Л.; М., 1990.

22. Исходные данные и технические предложения по разработке технико-экономического обоснования снятия с эксплуатации РУ ЧАЭС: Отчет о НИР / ВНИПИЭТ 4.176. — Л., 1993.

23. Особенности определения стоимости строительства в условиях Чернобыльской АЭС. ВБН Д1.1-40.1.20.201-2005. — 2005.