

Методы оценки затрат в проектах снятия с эксплуатации энергоблоков атомных электростанций

Определены концептуальные подходы к оценке стоимости проектов снятия с эксплуатации энергоблоков АЭС. Проанализированы международный опыт и национальная законодательная база. Приведена классификация затрат, возникающих в процессе снятия с эксплуатации. Предложены методы оценки основных категорий затрат. Показана роль стоимости затрат проекта снятия с эксплуатации энергоблока АЭС как одного из наиболее важных критериев принятия основных проектных решений. Обоснована технико-экономическая оценка норматива отчислений в общеотраслевой резерв финансирования проектов снятия с эксплуатации.

Л. М. Салий

Методи оцінювання затрат у проектах зняття з експлуатації енергоблоків атомних електростанцій

Визначено концептуальні підходи до оцінки вартості проектів зняття з експлуатації енергоблоків АЕС. Проаналізовано світовий досвід та національну законодавчу базу. Наведено класифікацію витрат, які виникають в проекті зняття з експлуатації. Запропоновано методи оцінки основних категорій витрат. Показано роль вартості проекту зняття з експлуатації енергоблока АЕС як одного з найважливіших критеріїв прийняття основних проектних рішень. Обґрунтовано техніко-економічну оцінку нормативу відрахувань в загальногалузевий резерв фінансування проектів зняття з експлуатації.

На протяжении многих лет решение проблемы снятия с эксплуатации ядерных установок фактически откладывалось на более поздние сроки, тогда как атомная промышленность быстро развивалась. Сегодня во многих странах, имеющих атомную энергетику, такая проблема стала еще более актуальной или, как в нашей стране, превратилась в насущную. В Украине из построенных 19 ядерных энергоблоков три (на Чернобыльской АЭС) уже прекратили генерировать электроэнергию и снимаются с эксплуатации, четвертый — после запроектной аварии — находится в стадии преобразования в экологически безопасную систему. Большинство других выработают свой проектный ресурс уже к 2020 году. Таким образом, в ближайшем будущем на украинских АЭС должны быть развернуты широкомасштабные работы по подготовке к снятию ядерных энергоблоков с эксплуатации. Опыт снятия с эксплуатации промышленных реакторов в мире невелик, поскольку на настоящий момент еще не был полностью демонтирован ни один из реакторов большой мощности, стандартный срок эксплуатации которых составляет 20–30 лет. Поэтому объем затрат на снятие с эксплуатации, демонтаж и восстановление площадки остается неопределенным. Кроме того, затраты на снятие с эксплуатации невозможно предвидеть надолго как просто затраты по демонтажу обычных пришедших в негодность электрических станций или других промышленных предприятий, где средства от продажи полученного металлолома зачастую достаточны для оплаты демонтажа всего предприятия. Вопрос оценки затрат на снятие с эксплуатации АЭС большой мощности с каждым годом обостряется и по причине ускоряющегося роста затрат на оплату труда и захоронение радиоактивных отходов, а общие затраты на снятие с эксплуатации стали одной из главных составляющих затрат для всего жизненного цикла ядерной установки.

Снятие с эксплуатации представляет собой полномасштабный технически сложный проект, эффективность реализации которого имеет множество критериев. Одним из таких проектных критериев является стоимостная оценка как всего проекта в целом, так и его составляющих. Стоимостная оценка — это оценка вероятной стоимости тех ресурсов, которые требуются для выполнения работ, предусмотренных проектом. Ресурсы влияют практически на все основные параметры проекта (стоимость, сроки, качество), в конечном итоге определяя возможность его выполнения. Поэтому оценка затрат или, другими словами, оценка стоимости ресурсов необходима для разумного планирования и расходования. Управление стоимостью проекта снятия с эксплуатации связано с одним из трех основных ограничений проекта — по стоимости, срокам и требованиям к обеспечению безопасности. Соблюдение всех этих ограничений позволяет завершить проект в рамках запланированных сроков и бюджета при полном удовлетворении определенных требований, т. е. при полном достижении намеченных результатов.

Международный опыт и национальная законодательная база

Вопрос экономического обоснования производства работ по снятию с эксплуатации ядерных энергоблоков начал исследоваться в США с середины 1970-х годов. Был проведен ряд оценок стоимости — как общих, так и специфических для различных АЭС. Кроме того, получены дан-

ные по реальным затратам на ликвидацию небольших по мощности реакторов. Сегодня в мировой практике существует несколько подходов к оценке стоимости. К методам оценки затрат на снятие с эксплуатации энергоблоков АЭС, описанным в зарубежных литературных источниках, относятся: метод применения масштабирующего множителя [1], метод линейной экстраполяции [2], метод приближения стоимости единичной операции [3, 4], подробный инженерный (технический) метод [5]. Очевидно, что на оценки, полученные одним из приведенных выше методов, влияет ряд факторов, совокупность которых можно назвать *фактором неопределенности*. Влияние фактора неопределенности очень велико, особенно с учетом всего комплекса технических сложностей, изменений в регулирующей политике и отсутствия реального опыта снятия с эксплуатации АЭС большой мощности.

Изучение фактических данных позволяет сделать вывод, что на стоимость влияет большое число факторов. Эта величина зависит как от типа реактора и его мощности, так и от истории эксплуатации блока, которая обуславливает уровень его радиоактивной загрязненности оборудования, систем и строительных конструкций. Непосредственное влияние на стоимость оказывают объемы демонтажных работ, объемы радиоактивных отходов (РАО), сроки реализации выбранного варианта снятия энергоблока с эксплуатации, принятая технология работ. Полученный разброс экспертных оценок свидетельствует о необходимости проведения дополнительных исследований по оценке индивидуальной стоимости снятия с эксплуатации ядерных энергоблоков различных типов по мере накопления опыта.

В ответ на рост затрат регулирующие органы практически всех стран, эксплуатирующих ядерные установки, приняли условие, что за снятие с эксплуатации должен платить тот, кто получает прибыль от генерации электрической энергии атомной станцией. В период эксплуатации станции можно создать так называемый мост протяженностью более чем в одно поколение. Это означает, что все, кто получает прибыль, должны помнить об ответственности за финансирование снятия с эксплуатации. Этот общепринятый подход исключает несправедливость по отношению к будущим поколениям, возлагая ответственность за оплату снятия с эксплуатации атомной станции несколькими годами ранее, чем она прекратит свою работу. В Украине роль такого моста призван выполнить финансовый резерв, который формируется в соответствии с требованиями действующего законодательства [6].

Требования и нормы действующего законодательства Украины определяют механизм создания специального фонда (финансового резерва) на снятие энергоблоков АЭС с эксплуатации, предусматривающий достаточность его наполнения. Средства аккумулируются на счете со специальным режимом использования в установленном размере в процентах дохода от реализации электроэнергии. Размер отчислений эксплуатирующей организации учитывается при определении размера тарифа экспертным путем. В случае необходимости размер отчислений может пересматриваться не чаще одного раза в год по инициативе эксплуатирующей организации. Законом также предусмотрены порядок инвестирования средств финансового резерва и условия его использования. Для определения размера такого фонда в целом и размера отчислений в структуре тарифа, необходимо оценить стоимость снятия с эксплуатации украинских энергоблоков с учетом их специфики. Предварительный анализ существующего законодательства позволяет

утверждать, что ни один из действующих в Украине нормативно-правовых актов не содержит каких-либо рекомендаций относительно методики оценки стоимости снятия с эксплуатации ядерных энергоблоков.

Общие подходы к формированию рациональной структуры работ и классификации затрат

Как сказано в [7], «структура разбиения работ обеспечивает основу для планирования, составления расписания, оценки, формирования бюджета, санкционирования работ и суммирования издержек». Она позволяет трансформировать план проекта в набор конкретных действий, необходимых для достижения поставленных целей. В качестве основного подхода к построению иерархической структуры работ в проектах снятия с эксплуатации энергоблоков атомных электрических станций принята разработка *комбинированной структуры*, сочетающей разделение на функциональные элементы деятельности и этапы жизненного цикла проекта [8] (рис. 1).

На каждом этапе присутствуют иерархическая разбивка (декомпозиция) и структурирование всего объема деятельности на пакеты работ в зависимости от общности целей, задач и удобств управления, для которых стоимость может быть установлена более точно. Структуру работ каждого этапа можно привести к общему виду, как показано на рис. 2.

Разработанные методы оценки затрат в проектах снятия с эксплуатации энергоблоков АЭС основаны на использовании специальной классификации затрат, поскольку традиционные подходы к классификации затрат, описываемые в литературе и применяемые на практике, к процессу снятия с эксплуатации можно применить лишь условно. Предлагаемая классификация затрат основана на *блочном подходе*, использующем WBS проекта. При использовании данного подхода проект снятия с эксплуатации подразделяется на дискретные и измеримые виды деятельности (работы или операции). Подобное разделение обеспечивает, где это возможно, достаточный уровень детализации, поэтому результаты оценки представительны. Блочный подход требует детального изучения всех операций, потребности в ресурсах и оценки адекватности их использования, что является своего рода функционально-стоимостным анализом деятельности [9]. Преимущество такого метода заключается в том, что он ориентирован на будущие операции, а не на изучение прошлой деятельности, что важно, учитывая отсутствие аналогов и уникальность проекта.

В соответствии с принятой WBS проекта предлагается затраты разделить на две большие группы: прямые затраты и затраты периода. К *прямым* отнесены те затраты, которые непосредственно связаны с выполнением работ по проекту, т. е. формирующие историческую себестоимость этих работ. *Затраты периода* — это те затраты, которые не включаются в себестоимость выполненных работ и рассматриваются как затраты того периода, в котором они были осуществлены. Специальная классификация затрат учитывает особенности каждого этапа проекта, но сохраняет общую структуру разбиения проекта.

Затраты периода включают в себя, прежде всего, общепроизводственные и административные затраты, которые присутствуют на любом этапе снятия с эксплуатации, а также затраты на содержание энергоблока, снимаемого с эксплуатации, в безопасном состоянии.

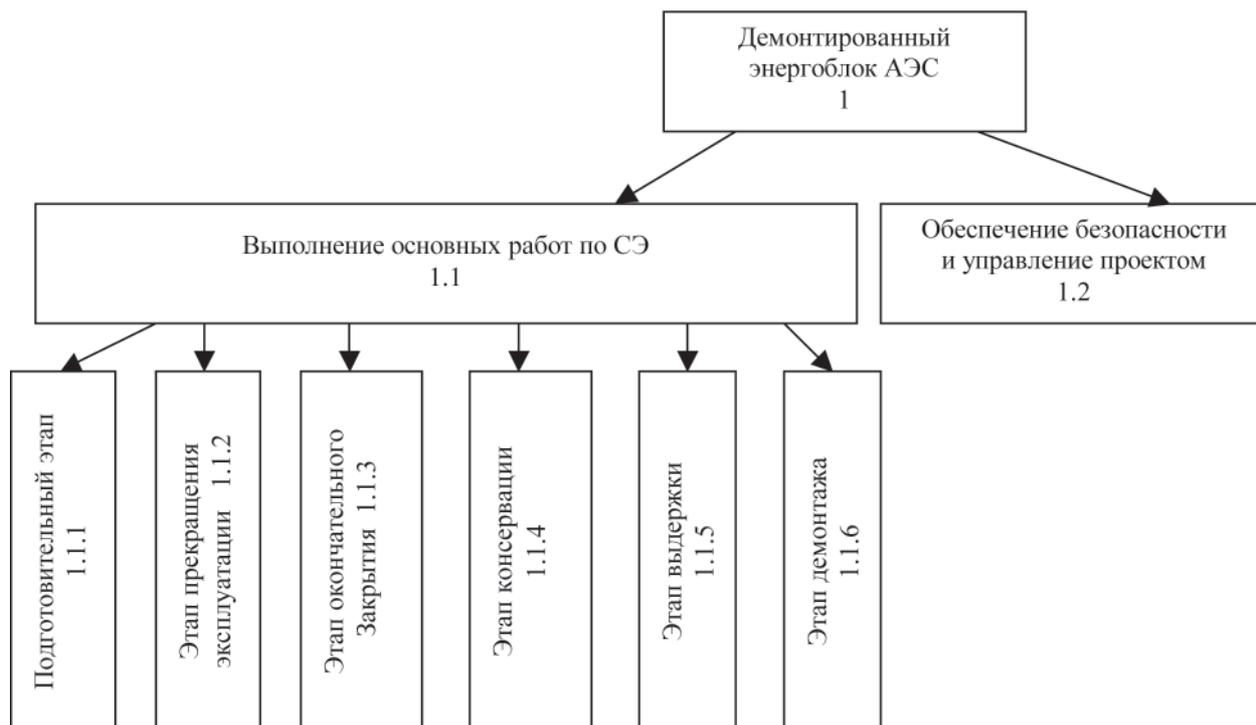


Рис. 1. Верхние уровни иерархической структуры работ проекта снятия с эксплуатации энергоблока АЭС

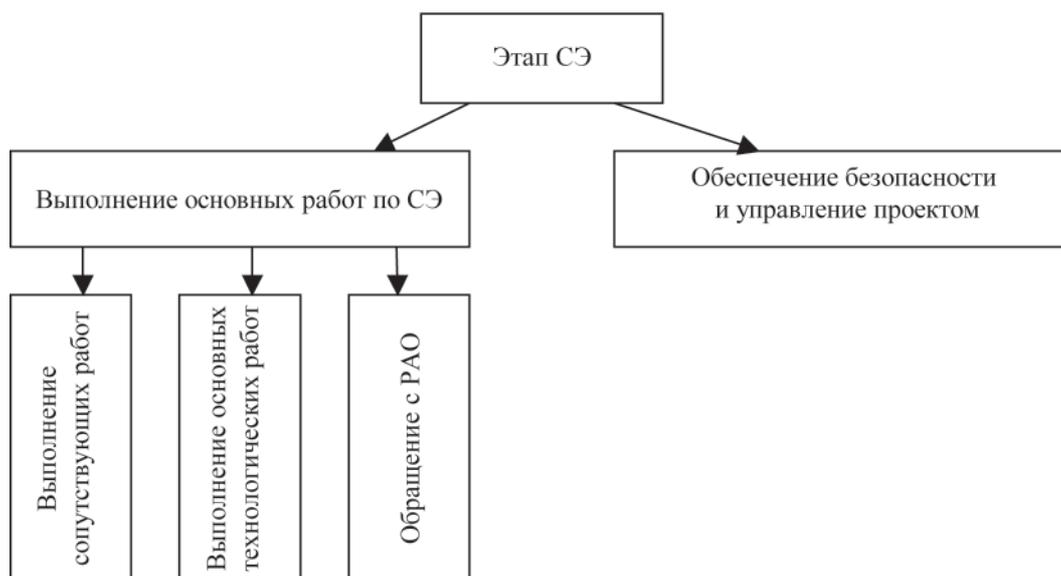


Рис. 2. Общий вид иерархической структуры работ этапа снятия с эксплуатации (СЭ) энергоблока АЭС

Прямые затраты по проекту снятия с эксплуатации имеют несколько важнейших составных частей:

затраты на штатный персонал, занятый непосредственно дезактивацией и демонтажом;

затраты материальных ресурсов, связанных с дезактивацией и демонтажом;

стоимость транспортировки, переработки и захоронения радиоактивных отходов;

стоимость сноса сооружений и восстановления дезактивированной площадки;

затраты на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Сумма прямых расходов и затрат периода на каждом этапе проекта представляет собой общую оценку стоимости проекта снятия с эксплуатации. Тем не менее, данная оценка не является окончательной: ее необходимо ежегодно корректировать на основании опыта уже выполненных работ, а также внесения изменений, причиной которых могут быть повышение или снижение регулирующих требований, изменения и дополнения проектной документации, уточнения программы работ и уточняющие расчеты затрат. Поэтому в общей стоимости проекта должны быть проанализированы и учтены непредвиденные расходы, а также стоимость материалов и оборудования, которые можно

использовать на других объектах. К ним относится демонтированное чистое оборудование, которое может быть использовано на других АЭС, а также отходы, пригодные для переработки.

Таким образом, общую стоимость проекта снятия с эксплуатации можно представить в виде

$$C_{об} = Z_{под} + Z_{п.э} + Z_{о.з} + Z_{к} + Z_{в} + Z_{д} + P_{неп} - C,$$

где $C_{об}$ — общая стоимость проекта снятия с эксплуатации; $Z_{под}$ — затраты на подготовительном этапе; $Z_{п.э}$ — затраты на этапе прекращения эксплуатации; $Z_{о.з}$ — затраты на этапе окончательного закрытия; $Z_{к}$ — затраты на этапе консервации; $Z_{в}$ — затраты на этапе выдержки; $Z_{д}$ — затраты на этапе демонтажа; $P_{неп}$ — непредвиденные расходы; C — стоимость реализованного оборудования и материалов.

Размер затрат на непредвиденные расходы будет зависеть от качества и достаточности проработки проекта, поставок и выполнения непосредственных работ по снятию с эксплуатации, строительства новых объектов, необходимых для ведения процесса снятия с эксплуатации, а также от сложности и неопределенности каждого из компонентов проекта. Стоимость затрат на непредвиденные расходы также зависит от наличия и достаточности существующей инженерно-технической информации, к которой относятся документация, чертежи, технические требования, отчеты по исследованию площадки, помещений и другая собранная информация. Непредвиденные затраты устанавливаются отдельно для каждой стадии проекта, а затем рассчитывается общее среднее значение для непредвиденных затрат по всему проекту в целом. В общем затраты на непредвиденные расходы на этапе схематического планирования составляют 25–30 %. Для предварительной стадии планирования затраты на непредвиденные нужды составляют 10–20 %, для окончательной стадии планирования — 5–10 % общей суммы затрат [10].

Формула для определения затрат на каждом этапе снятия с эксплуатации имеет следующий вид:

$$Z_{э.с} = Z_{пр} + Z_{пер},$$

где $Z_{э.с}$ — стоимость этапа проекта снятия с эксплуатации; $Z_{пр}$ — прямые затраты; $Z_{пер}$ — затраты периода.

В свою очередь, формула для определения прямых затрат имеет вид

$$Z_{пр} = Z_1 + Z_2 + Z_3,$$

где $Z_{пр}$ — прямые затраты; Z_1 — основные технологические затраты, связанные с выполнением работы по дезактивации оборудования, помещений, переплаву металлов; демонтажу оборудования, систем и трубопроводов; доведению помещений блока до санитарных норм; Z_2 — сопутствующие затраты, связанные с организационным, информационным и научно-техническим обеспечением проекта снятия с эксплуатации; Z_3 — затраты на обращение с РАО.

По предлагаемой классификации затрат предлагается учесть два типа основных расходов, имеющих непосредственное отношение к ведению работ по снятию с эксплуатации (к прямым затратам):

- 1) зависящие от технологической деятельности (условно-переменные) и
- 2) зависящие от времени (условно-постоянные).

Расходы, зависящие от технологической деятельности, в свою очередь подразделяются на два типа: стоимость единицы работы и фиксированные расходы. Стоимость каж-

дого вида деятельности вычисляется умножением определенного параметра деятельности (например, объем железобетона, который необходимо удалить) на соответствующие расценки выполнения единичной работы. Фиксированные расходы определяются стоимостью аренды оборудования или ценой при покупке оборудования и материалов, необходимых для выполнения конкретных работ по снятию с эксплуатации.

Расходы, зависящие от времени, представлены затратами, зависящими от специфики фаз проекта снятия с эксплуатации, выражаются стоимостью единицы времени и определяются умножением каждого компонента стоимости на соответствующий выделенный период времени.

Затраты периода включают в себя, прежде всего, общепроизводственные и административные затраты, которые присутствуют на любом этапе снятия с эксплуатации, а также затраты на содержание энергоблока, снимаемого с эксплуатации, в безопасном состоянии.

Входными данными для оценки затрат периода являются: структура организации управления цехами, отделами, службами и предприятием в целом, структура подразделений, обслуживающих системы энергоблока и хранилища РАО, их штатные расписания;

нормы затрат топлива и энергии для отопления, освещения и других хозяйственных нужд;

нормы затрат материалов на содержание и ремонт зданий, сооружений, оборудования;

нормы износа малоценного и быстроизнашивающегося хозяйственного инвентаря;

нормы налогов, сборов и других обязательных платежей, предусмотренных законодательством;

требования к обеспечению всех видов безопасности и охраны со стороны надзорных органов, регулирующих деятельность по снятию с эксплуатации ядерных объектов;

план-график и смета затрат на проведение подготовки и переподготовки кадров.

Для оценки затрат периода существенное значение имеет фактор времени, а он, в свою очередь, в значительной степени зависит от выбранной технологии снятия с эксплуатации. Эти затраты носят условно-постоянный характер и гипотетически могут быть оценены традиционными методами с учетом специфики объекта.

Оценка основных технологических затрат

Для построения методов оценки основных технологических затрат предполагается выполнение следующих процедур:

- 1) описание основных технологических процессов снятия с эксплуатации энергоблоков атомных станций;
- 2) обоснование предпочтений по выбору методов, применяемых при выполнении работ;
- 3) определение себестоимости выполнения работ с учетом используемых методов.

Главными составляющими основных технологических процессов снятия любой АЭС с эксплуатации являются:

обращение с накопленными в процессе эксплуатации и при снятии с эксплуатации радиоактивными отходами, опасными веществами и материалами;

дезактивация оборудования, помещений, переплава металлов;

демонтаж оборудования, систем и трубопроводов; доведение помещений блока до санитарных норм.



Рис. 3. Процессная модель оценки основных технологических затрат

Предлагаемый метод оценки основных технологических затрат имеет два этапа (рис. 3).

Общая схема *предварительного этапа оценки* включает в себя изучение существующей технической документации: технического задания, технических предложений, проектного технологического процесса и рабочей технологической документации. На предварительном этапе необходим анализ имеющейся информации об общем и радиационном состоянии помещений и оборудования, предлагаемых для проведения работ. Далее надо выбрать оптимальные технологии. Эти стадии формируют последовательно обобщенные сведения о технологическом пространстве для демонтажных и дезактивационных работ и работ по доведению помещений блока и территории станции до санитарных норм, в соответствии с которым проводится экономическая оценка. Результатом предварительного этапа является определение объема работ, который служит основой для определения основных технологических затрат.

На *втором этапе оценки затрат* используется информация, полученная на предварительном этапе в качестве объема работ, величину которого в денежном эквиваленте необходимо оценить с учетом всех входных параметров и факторов, влияющих на стоимость. На этом этапе оценивают два вида затрат: зависящих от деятельности (условно-переменные) и зависящих от времени (условно-постоянные). Первый вид затрат будет иметь две составляющие: себестоимость единицы продукции (работ) и фиксированная стоимость некоторых материальных ресурсов. В случае описываемых технологических процессов единицами стоимости работ будут, например, стоимость разреза, стоимость единицы массы или объема сносимой конструкции, стоимость демонтажа единицы оборудования, стоимость дезактивации единицы оборудования с использованием конкретного метода, стоимость организации одного участка для дезактивации и его последующая ликвидация, стоимость реконструкции единицы площади кровли и т. д. Технологическая себестоимость включает

прямые затраты на рабочем месте, участке и характеризует уровень затрат на осуществление отдельных технологических операций.

Таким образом, процесс определения себестоимости для работ по демонтажу, дезактивации и доведению помещений до санитарных норм в наиболее общем виде представлен в виде достаточно очевидных последовательных процедур:

прогнозирования и планирования затрат (определяются долго- и краткосрочные тенденции изменения отдельных затрат, задаются их ориентиры);

нормирования затрат (устанавливаются технически обоснованные нормативы в натуральных и стоимостных оценках по отдельным видам затрат и технологическим процессам); классификации затрат и постающей оценки.

Затраты, которые включаются в себестоимость, определяются Национальными положениями (стандартами) бухгалтерского учета и отраслевыми инструкциями по вопросам планирования, учета и калькулирования себестоимости работ. В общем виде такая структура содержит:

- затраты на оплату труда;
- затраты на основные и вспомогательные материалы;
- энергозатраты;
- затраты на содержание и эксплуатацию оборудования;
- другие производственные затраты.

К расходам на управление в составе основных технологических затрат будут относиться только связанные с управлением производственными подразделениями и участками, которые непосредственно заняты в выполнении работ по демонтажу, дезактивации и доведению помещений до санитарных норм (в частности, зарплата и начисления руководителей цехов и участков, отчисления на социальные мероприятия с суммы заработной платы аппарата управления цехами и участками, расходы на оплату служебных командировок персонала цехов, участков, занятых при выполнении указанных работ). Для оценки таких затрат необходимо знать структуру и штатное расписание производственных подразделений.

Оценка сопутствующих затрат

В круг задач, решение которых обеспечит полное и своевременное организационное, информационное и научно-техническое обеспечение работ по снятию с эксплуатации, входят:

проектное и научно-техническое обеспечение — разработка проекта и программ работ по снятию с эксплуатации, отчета по анализу безопасности, технологических регламентов, рабочей документации;

текущие научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, включая внедрение новых технологий производства работ, проектирование специальных устройств;

инжиниринговое обеспечение на площадке (комплексное инженерное и радиационное обследование, проведение экспертиз);

информационное обеспечение проекта снятия с эксплуатации.

Для разработки метода оценки сопутствующих затрат принято условное разделение на следующие группы:

затраты на разработку проекта, программ и другой необходимой документации;

затраты на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, включая проведение КИРО;

затраты на лицензирование и проведение экспертиз;

затраты на проведение информационно-поисковых работ, создание и сопровождение баз данных.

Основным элементом, влияющим на величину всех сопутствующих затрат, является оплата труда. Как при выполнении работ собственными силами, так и при привлечении сторонних специалистов (организаций) по договору между заказчиком и исполнителем, необходимо обоснованно подходить к организации работ и к определению трудоемкости. Нормативы должны применяться в зависимости от сочетания основных показателей, характеризующих объект нормирования. Влияние дополнительных факторов на трудоемкость учитывается поправочными коэффициентами к основному нормативу. Все факторы, влияющие на трудоемкость, делятся на основные (категория новизны и группа сложности) и второстепенные. Конкретные значения поправочных коэффициентов определяются экспертным путем.

Оценка затрат на обращение с радиоактивными отходами

При снятии с эксплуатации ядерных энергетических установок возникают специфические проблемы, характерные для объектов, использующих радиационные технологии. Одно из долгосрочных и опасных последствий ядерных программ — накопление больших объемов разнообразных по физическому составу и активности радиоактивных отходов. Конечной целью обращения с РАО является организация работ с ними таким образом, чтобы обеспечить защиту здоровья человека и окружающей среды как в настоящем, так и в последующем, не создавая при этом трудностей для будущих поколений.

Процесс обращения с РАО условно можно разделить на следующие этапы:

сбор, классификацию, сортировку по виду, уровню активности, категории;

временное хранение в емкостях, бункерах;

кондиционирование;

временное хранение в наземных или приповерхностных сооружениях;

перевозку: погрузку, транспортировку, разгрузку транспортных контейнеров;

захоронение в геологических формациях или приповерхностных сооружениях.

При разработке метода оценки затрат на обращение с РАО применяется принцип представления всех затрат на обращение с РАО в виде функции [9]

$$Y = \sum_{j=1}^n a_j + \sum_{i=1}^l q_i \cdot s_i \cdot \sigma_i,$$

где Y — общие затраты на обращение с РАО; a_j — j -й элемент в сумме постоянных затрат на обращение с РАО; n — количество элементов в структуре постоянных затрат на обращение с РАО; q_i — количество РАО i -й группы; s_i — себестоимость обработки единицы РАО i -й группы; l — количество групп РАО;

$$\sigma_i = \sum_{k=1}^m x_k,$$

где x_k — значение k -го фактора затрат; m — количество факторов, влияющих на стоимость обращения с РАО i -й группы.

Задача построения функции затрат на обращение с РАО сведена к следующим подзадачам:

определению структуры и оценке постоянных затрат на обращение с РАО;

классификации РАО по типам, группам и видам, предполагающим применение определенной технологии их обработки;

определению объема РАО по каждой группе;

определению себестоимости обработки единицы РАО по каждой группе;

определению факторов, влияющих на функцию затрат, и представлению их в виде суммы коэффициентов.

Основная задача, которая ставилась при построении метода оценки затрат на обращение с РАО, состояла в определении себестоимости обращения с единицей объема РАО. Чтобы оценить себестоимость обработки одной единицы отходов, определена структура затрат, включаемых в себестоимость. В обобщенном виде такая структура может быть представлена в следующем виде:

затраты на оплату труда;

затраты на материалы и химические реагенты;

стоимость контейнеров для упаковки, хранения и транспортировки РАО;

энергозатраты;

транспортные расходы;

затраты на содержание и эксплуатацию оборудования;

стоимость средств индивидуальной защиты;

затраты на хранение и захоронение РАО.

Стоимость снятия с эксплуатации как проектный критерий эффективности

Оценка стоимости затрат проекта снятия с эксплуатации энергоблока АЭС является одним из наиболее важных критериев принятия основных проектных решений. Современная тенденция в управлении проектами ведет к возрастанию роли последнего в управлении стоимостью за счет все большего включения областей, в которых критерий стоимости имеет значение.

Стоимость служит инструментом контроля и отражения хода выполнения работ. При этом наиболее предпочтитель-

ным методом является оценка затрат по освоенному объему. При этом можно увидеть, как распределяются по времени планируемые расходы проекта, а также реальные затраты денежных средств и объемы фактически выполненных работ. На этой основе могут быть подсчитаны отклонения по затратам и срокам. Если в проекте не осуществляется соответствующее управление стоимостью, то он обязательно выйдет из-под контроля, и для его завершения будет истрачено больше средств, чем предполагалось. Управление стоимостью проекта нацелено именно на предотвращение такой ситуации.

Фактор стоимости существенен в определении и обосновании необходимости основных мероприятий, подлежащих реализации при снятии с эксплуатации. Общими для всех реакторов, снимаемых с эксплуатации, являются, как минимум, две технические проблемы:

применение специальных средств технологического оснащения для демонтажа и фрагментации радиоактивного оборудования, систем и трубопроводов;

применение эффективной и экономичной технологии дезактивации оборудования, трубопроводов, помещений; лучшей будет та, которая обеспечит максимальную эффективность очистки при минимальном количестве образующихся вторичных РАО.

Для решения первой проблемы применяются различные методы демонтажа. Эти методы условно можно разделить на дистанционные, полудистанционные и обычные. Для обоснования уровня технологического вмешательства при демонтаже энергоблока или, другими словами, в установлении пропорций между объемами работ, выполняемых вручную и с помощью дистанционно управляемого оборудования, используется как проектный критерий стоимость таких работ. Традиционным инструментом при этом служит линейный анализ [11]. Постановка задачи линейного программирования может выглядеть следующим образом:

$$\sum_{i=1}^n C_i \cdot x_i \rightarrow \min, \quad Ax \leq b, \quad \sum_i x_i = Q,$$

где x_i — количество нормо-часов эксплуатации ресурса i -го вида; $A = (aji)$ — матрица затрат, каждый элемент которой — количество единиц ресурса j -го вида, используемых на один нормо-час эксплуатации ресурса i -го вида; C_i — цена нормо-часа для ресурса i -го вида; b — вектор фактического запаса ресурсов в физических единицах; Q — планируемый (в нормо-часах) объем выполнения работ.

Такая задача уже решалась многократно симплексным методом при разработке проектов организации работ на этапе подготовки блока № 1 Белоярской АЭС к выводу из эксплуатации [12]. Исследовалась эффективность распределения объемов работ между демонтажными бригадами, оборудованием общепромышленного использования и уникальными копирующими манипуляторами при разной дозовой нагрузке, минимизирующая общую стоимость выполнения работ.

Определение стоимости дезактивационных работ имеет большое значение как один из инструментов для решения второй задачи. В общем виде выражение для расчета необходимости и эффективности проведения дезактивации с целью сокращения количества радиоактивных отходов можно представить в виде формулы

$$C_{\text{РАО до дез}} + C_{\text{матер}} - C_{\text{РАО после дез}} - C_{\text{дез}} \geq 0,$$

где $C_{\text{РАО до дез}}$ — затраты на обращение с РАО (захоронение и переработка) без проведения дезактивационных работ;

$C_{\text{матер}}$ — стоимость оборудования и материалов, возвращенных в хозяйственный оборот; $C_{\text{РАО после дез}}$ — затраты на обращение с РАО (захоронение и переработка) после проведения дезактивационных работ; $C_{\text{дез}}$ — затраты на проведение дезактивационных работ.

Кроме того, по результатам оценки стоимости дезактивационных работ и выбора оптимальной технологии дезактивации могут быть разработаны предложения и рекомендации для изменения проектов производства отдельных работ по снятию с эксплуатации. К числу таких рекомендаций могут быть отнесены предложения по уменьшению габаритных размеров отходов, образующихся при проведении работ (чтобы габариты фрагментов оборудования не превышали, например, размеры ванн для дезактивации), запрет на использования сварки (чтобы исключить изменение характеристик отходов в местах резов) и т. п.

Стоимость является одним из критериев выбора того или иного варианта снятия с эксплуатации реакторной установки. В мировой практике снятие с эксплуатации уран-графитовых реакторов основывается на следующих концепциях: консервация и хранение в течение первых 50 лет, захоронение на месте на 100 лет и более, ликвидация объекта с немедленным демонтажом и с отложенным демонтажом. Выбор варианта осуществляется по результатам специальных технико-экономических исследований, которые предполагают сопоставление альтернативных вариантов снятия с эксплуатации на основе результатов анализа технических, экономических, социальных и временных характеристик рассматриваемых вариантов, а также сопоставление уровней предполагаемого обеспечения безопасности при реализации этих вариантов. При выборе стратегии необходимо иметь в виду, что затраты на снятие с эксплуатации зависят от многих факторов и изменяются в зависимости от стратегии и времени. Затраты на демонтаж имеют тенденцию к уменьшению с течением времени вследствие радиоактивного распада. Затраты на надзор, рабочую силу и захоронение РАО в общем увеличиваются с течением времени. При продолжительном периоде выдержки прогноз необходимых средств может быть довольно неопределенный. Например, современные затраты на захоронение РАО возрастают в некоторых странах так, что в будущем они могут стать основным затратным компонентом. На принятие технических решений по снятию с эксплуатации реакторных установок значительное влияние оказывает экономическое состояние государства. При отложенном демонтаже создается резерв времени, необходимый для накопления средств, снижается острота финансового обеспечения, необходимого для снятия с эксплуатации, так как значительных первоначальных финансовых затрат не требуется. В настоящее время на основании проведенных исследований и расчетов [13] можно сделать вывод, что наиболее эффективным для энергоблоков Чернобыльской АЭС с учетом экономического состояния Украины является вариант отложенного демонтажа с консервацией реакторной установки на срок от 30 до 100 лет. Предлагаемый вариант предусматривает длительную выдержку реакторных установок в существующих строительных конструкциях с проведением работ по дезактивации и демонтажу вспомогательного оборудования.

Имеются примеры предпочтительного применения варианта немедленного демонтажа. Так, для обоснования решения при снятии с эксплуатации АЭС Тгоjan в США выбор стратегии снятия с эксплуатации базировался на сопоставлении трех возможных вариантов: немедленного

демонтажа и двух вариантов отложенного демонтажа после безопасного хранения в течение 25 и 60 лет. При сопоставлении обобщенных количественных критериев этих трех вариантов, полученных на основе данных о радиационной обстановке, предпочтение было отдано стратегии немедленного демонтажа, в основном, по экономическим соображениям. При этом экономические факторы преобладали над факторами повышенного количества РАО и большей коллективной дозы обучения персонала. Главными факторами, способствующими относительно низкой стоимости стратегии немедленного демонтажа, признаны отсутствие необходимости длительной эксплуатации систем безопасности, а также физической защиты и радиационного контроля, включая мониторинг объектов окружающей среды. Фактические затраты на демонтаж радиационно-опасного крупногабаритного оборудования без его фрагментации и соответствующие дозы облучения персонала оказались даже ниже прогнозируемых.

Поэтому первым шагом по планированию проекта снятия с эксплуатации является выполнение предварительных оценок затрат для разных вариантов и определение на их основе лучшей стратегии.

Модель формирования отраслевого фонда финансирования проектов снятия с эксплуатации энергоблоков АЭС

Одна из основополагающих задач управления проектом — организация его финансирования. Эта задача включает в себя оценку возможных форм финансирования и выбора конкретной формы, определение финансирующих организаций и источников финансирования. Предлагаемая модель накопления средств финансового резерва позволит учесть требования действующего законодательства, а также некоторые макроэкономические факторы.

Пусть первое отчисление в резерв для данного i -го энергоблока проведено в год 0_i . Стоимость электроэнергии, реализованной в год 0_i (год начала отчислений для каждого i -го энергоблока), составит

$$M_0 = 8,76 \cdot 10^3 \cdot N_i \cdot [1 - f_i(t)] \cdot K_i(t) \cdot S_0,$$

где M_0 — стоимость электроэнергии, реализованной в год 0_i ; N_i — проектная установленная электрическая мощность блока (брутто); $f_i(t)$ — коэффициент расхода на собственные нужды как функция времени; $K_i(t)$ — коэффициент использования установленной мощности как функция времени; S_0 — стоимость 1 кВт·ч на момент начала отчислений.

Для любого текущего года t работы энергоблока цена 1 кВт·ч составит

$$S(t) = S_0 \cdot Q(t),$$

где $Q(t)$ — индекс инфляции цены электроэнергии как функция времени: $Q(t) = \exp \int_0^t i(\tau) d\tau$; $i(t)$ — темп инфляции цены 1 кВт·ч как функция времени.

Считаем, что доля отчислений q в фонд (резерв) снятия энергоблоков с эксплуатации от стоимости каждого реализованного киловатт-часа фиксирована во времени.

Суммарная стоимость электроэнергии, реализованной начиная от года 0_i (начала отчислений в резерв для i -го энергоблока) и до текущего года t составит

$$M = 8,76 \cdot 10^3 \cdot N_i \cdot S_0 \cdot \int_{0_i}^t [1 - f_i(t)] \cdot K_i(t) \cdot \exp \left(\int_{0_i}^t i(\tau) d\tau \right) dt.$$

В таком случае размер резерва, формируемого за счет постоянной доли отчислений в него от стоимости каждого реализованного киловатт-часа, за период времени от года 0_i до текущего года t_i в расчете на i -й энергоблок

$$\Phi_i = 8,76 \cdot 10^3 \cdot q \cdot N_i \cdot S_0 \cdot \int_{0_i}^t [1 - f_i(t)] \cdot K_i(t) \cdot \exp \left(\int_{0_i}^t i(\tau) d\tau \right) dt.$$

Средства накапливаемого фонда согласно требованиям законодательства [6] должны иметь строго целевое использование, поэтому их можно рассматривать как возрастающий капитал, который может приносить доход (или убывать, если общая инфляция превалирует над процентной ставкой). Динамику изменения размера фонда (резерва) во времени можно учесть с помощью дисконтного множителя, определяемого ставкой дисконтирования [14], [15]. Логично принять в качестве ставки дисконтирования номинальную ставку процента $P(t)$ [16], в соответствии с которой аккумулируются средства фонда.

Если $P_r(t)$ — реальная процентная ставка, то номинальную ставку определяем с учетом общего ожидаемого темпа инфляции $i(t)$, пользуясь уравнением Фишера

$$P(t) = P_r(t) + i(t).$$

При темпах инфляции, превышающих 10 %, для полной компенсации ее влияния применяется уравнение Фишера вида [17]

$$P(t) = P_r(t) + i(t) + [P_r(t) \cdot i(t)].$$

В зависимости от условий размещения средств финансового резерва на доход начисляется налог по ставке n . С учетом этого в качестве расчетной ставки процентов, а следовательно, ставки дисконтирования, используем величину налоговоскорректированной ставки процентов. При этом принимаем, что ставка налога — величина постоянная.

$$P_n(t) = (1 - n) \cdot P(t),$$

откуда
$$P(t) = \frac{P_n(t)}{(1 - n)}.$$

Таким образом, множитель дисконтирования, посредством которого цены текущего года приводятся к базовому, равен $\exp \frac{P_n(t)}{(1 - n)}$ или, пользуясь свойством показательной функции, $\exp[-(1 - n)P_n(t)]$.

Общее количество средств, аккумулированных в резерве от года начала отчислений 0_i до текущего года t_i в расчете на i -й энергоблок, составит

$$\Phi_i = 8,76 \cdot 10^3 \cdot q \cdot N_i \cdot S_0 \cdot \int_{0_i}^t [1 - f_i(t)] \cdot K_i(t) \cdot \exp \left(\int_{0_i}^t i(\tau) d\tau \right) \times \exp \left(-(1 - n) \cdot \int_{0_i}^t P_n(\tau) d\tau \right) dt.$$

Для всей совокупности действующих энергоблоков сумма средств резерва (без учета изъятий на работы по снятию с эксплуатации) для заданного базового года составит

$$\Phi_{\text{АЭС}} = \sum_i^N \Phi_i,$$

где i — номер энергоблока, ведущего отчисления в резерв; N — количество энергоблоков.

С учетом фактически непрерывного процесса изъятия части аккумулируемых средств резерва на покрытие затрат по k -м этапам вывода j -х энергоблоков из эксплуатации, объем средств резерва в любой текущий год

$$\Phi(t) = \Phi_{\text{АЭС}} - Z(t),$$

где $Z(t)$ — приведенные к базовому году суммарные затраты на вывод из эксплуатации ядерных энергоблоков.

Вид функций зависимости от времени, темпа роста инфляции и налогоскорректированной ставки банковского процента (ставки дисконтирования) определяется на основании долгосрочного экономического прогноза.

Коэффициент использования установленной мощности определяется путем обработки массива статистических данных. Предлагается взять эту величину как постоянную, усредненную по времени работы энергоблоков.

Коэффициент расхода энергии на собственные нужды для реакторов ВВЭР при работе на номинальной мощности равен приблизительно 0,055, а для реакторов ВВЭР колеблется от 0,07 до 0,075 [18]. Для оценочных расчетов предлагается взять эту величину как постоянную, равную 0,06.

Таким образом, имея значение величины резерва, приведенное к базовому году, и значение приведенных к тому же базовому году суммарных затрат на снятие с эксплуатации, можно получить искомую долю отчислений в резерв от каждого реализованного киловатт-часа.

Требования к финансированию проектов, общие и разбитые по периодам, выводятся на основании базового плана стоимости, который разрабатывается путем суммирования оценок стоимости по периодам времени. Обычно финансирование представляет собой инкрементные суммы, поэтому они могут быть представлены в виде ступенчатой функции. В нашем случае эти суммы будут зависеть от стоимости каждого этапа проекта снятия с эксплуатации. При формировании модели затратной части финансирования проектов в ее основу был положен вариант отложенного демонтажа вывода энергоблоков АЭС Украины из эксплуатации. Данный вариант предусматривает наличие шести этапов: подготовительного, прекращения эксплуатации, окончательного закрытия, консервации, выдержки, демонтажа. В случае планового сценария снятия с эксплуатации подготовительный этап проводится в течение срока эксплуатации энергоблока, поэтому его финансирование осуществляется за счет дохода от эксплуатации блока. Длительность этапа окончательного закрытия составляет 4–6 лет [19], функция затрат имеет сходную природу с функцией затрат на этапе прекращения эксплуатации, поэтому данные два этапа могут быть объединены в один этап прекращения эксплуатации.

Известно, что темпы инфляции цен на различные виды продукции, энергию, специфическое оборудование, оплату труда в специфических условиях, обращение с РАО неодинаковы. Поэтому в целях построения достаточно корректной модели затрат логично ввести в рассмотрение сум-

марный индекс цены каждого этапа снятия с эксплуатации с учетом весов проводимых работ на этих этапах.

Затраты m -го вида подвержены специфической инфляции; затраты n -го вида специфической инфляции не подвержены и сила роста их инфляции равна значению силы роста общей инфляции.

Суммарный ценовой индекс $P_k^j(t)$ в год t для m -го вида затрат ($m = 1, \dots, M$) на k -м этапе для j -го энергоблока можно определить выражением

$$P_k^j(t) = \sum_{m=1}^M P_k^m \cdot W_{kj}^m,$$

где W_{kj}^m — вес m -х затрат на k -м этапе снятия с эксплуатации j -го энергоблока; P_k^m — специфический индекс инфляции m -х затрат на k -м этапе снятия с эксплуатации для года t .

Очевидно, что для года «0» j -го энергоблока $\sum_{m=1}^M P_k^m \cdot W_{kj}^m = 1$,

а для k -го этапа вывода $\sum_{m=1}^M W_{kj}^m = 1$.

Считаем, что оценки затрат на выполнение любого этапа снятия с эксплуатации j -го энергоблока известны. Для корректности построения модели принимаем, что оценки затрат выполнены для базового года, заданного в расчете.

Пусть Z_1^j — реальные затраты на этапе прекращения эксплуатации j -го энергоблока; Z_2^j — реальные затраты на этапе консервации j -го энергоблока; Z_3^j — реальные затраты на этапе выдержки j -го энергоблока; Z_4^j — реальные затраты на демонтаж j -го энергоблока.

Следует отметить, что для каждого этапа проекта снятия с эксплуатации энергоблока характерны как общие, так и специфические виды работ, а следовательно, и затрат. С учетом общемировых тенденций и экономических условий Украины в качестве определяющих необходимо учитывать инфляцию затрат на оплату труда, оплату энергии, оплату переработки и захоронения РАО, оплату специального оборудования.

Приведенные к базовому году затраты на этапе прекращения эксплуатации для j -го энергоблока

$$Z_1^j(t) = Z_1^j \cdot \exp\left(\int_{t_1}^{t_2} i_1^n(t) dt\right) \cdot \exp\left(\int_{t_1}^{t_2} -P_n(t) dt\right),$$

где принимается, что $i_1^n(t) = i(t)$, т. е. сила роста инфляции затрат на выполнение n -го вида работ этапа прекращения эксплуатации (не подверженных специфической инфляции) равна силе роста общей инфляции; t_1, t_2 — соответственно время начала и окончания работ этапа прекращения эксплуатации.

Учитывается также недополученная прибыль по налогоскорректированной номинальной ставке процента на изъятие из резерва средства.

Приведенные в заданному базовому году затраты на этапе консервации j -го энергоблока

$$Z_2^j(t) = \left[Z_2^{nj} \cdot \exp\left(\int_{t_2}^{t_3} i(t) dt\right) \right] + \left[\sum_{l=1}^M Z_2^{ml} \cdot \exp\left(\int_{t_2}^{t_3} i_2^m(t) dt\right) \right] \cdot \left[\exp\left(-\int_{t_2}^{t_3} P_n(t) dt\right) \right],$$

где $Z_2^{nj} = (1 - W_{2j}^m) \cdot Z_2^j$ — объем затрат на выполнение n -го вида работ, не подверженных специфической инфляции на этапе консервации j -го энергоблока; $Z_2^{mj} = W_{2j}^m \cdot Z_2^j$ — объем затрат на выполнение m -го вида работ, подверженных специфической инфляции на этапе консервации j -го энергоблока; $i_2^m(t)$ — сила роста специфической инфляции для m -го вида работ на этапе консервации j -го энергоблока; t_2, t_3 — соответственно время начала и окончания этапа консервации j -го энергоблока.

Аналогично запишем выражения для оценки приведенных к базовому году затрат на этапе выдержки энергоблока

$$Z_3^j(t) = \left[Z_3^{nj} \cdot \exp \left(\int_{t_3}^{t_4} i(t) dt \right) + \left[\sum_{l=1}^M Z_3^{mj} \cdot \exp \left(\int_{t_3}^{t_4} i_3^m(t) dt \right) \right] \right] \cdot \exp \left(- \int_{t_3}^{t_4} P_n(t) dt \right)$$

и на этапе демонтажа энергоблока

$$Z_4^j(t) = \left[Z_4^{nj} \cdot \exp \left(\int_{t_4}^{t_5} i(t) dt \right) + \left[\sum_{l=1}^M Z_4^{mj} \cdot \exp \left(\int_{t_4}^{t_5} i_4^m(t) dt \right) \right] \right] \cdot \exp \left(- \int_{t_4}^{t_5} P_n(t) dt \right)$$

Здесь t_3, t_4 — время начала и окончания этапа консервации j -го энергоблока, t_4, t_5 — время начала и окончания этапа демонтажа j -го энергоблока.

Вид функций зависимости силы роста специфической инфляции от времени на каждом этапе определяется на основании долгосрочного экономического прогноза.

Исходя из приведенных соображений, подобный расчет, особенно в экономических условиях Украины, должен рассматриваться как оценка с ограниченными исходными данными, а следовательно, полученное в ходе расчета значение величины финансового резерва должно включать определенный запас средств, учитывающий неопределенность оценки.

Приведенные к базовому году суммарные затраты на снятие с эксплуатации j -го энергоблока

$$Z^j(t) = Z_1^j(t) + Z_2^j(t) + Z_3^j(t) + Z_4^j(t).$$

Приведенные к базовому году суммарные затраты на снятие с эксплуатации совокупности ядерных энергоблоков

$$Z(t) = \sum_j \sum_k Z_k^j(t).$$

Имея значение величины резерва финансирования проектов снятия с эксплуатации, приведенное к заданному базовому году t , и значение приведенных к тому же базовому году суммарных затрат на каждом этапе снятия с эксплуатации, можно получить искомую долю отчислений в резерв от каждого реализованного киловатт-часа электроэнергии.

Выводы

Одним из первых шагов по планированию проекта снятия с эксплуатации является выполнение предварительных оценок затрат для разных вариантов снятия с эксплуатации и определение на их основе лучшей стратегии.

Для каждой из трех выделенных в данной статье категорий прямых затрат разработаны методы их оценки. Каждый из методов учитывает влияние определенных факторов на величину оцениваемых затрат.

Метод оценки основных технологических затрат основан на применении в качестве основного инструмента принципа стоимости единичной операции. Для этого время для выполнения единицы работ разбивается на необходимое количество шагов, каждый с определенным временем выполнения. При этом для каждой единицы работы вводятся группы затрудняющих работу факторов (учитываемых коэффициентами), которые увеличивают продолжительность работ.

При применении метода оценки сопутствующих затрат необходимо обоснованно подходить к организации работ и к определению трудоемкости. Нормативы применяются в зависимости от сочетания основных показателей, характеризующих объект нормирования. Влияние дополнительных факторов на трудоемкость учитывается поправочными коэффициентами к основному нормативу. Все факторы, влияющие на трудоемкость, делятся на основные, такие как категория новизны и группа сложности, и второстепенные. Конкретные значения поправочных коэффициентов определяются экспертным путем.

Для оценки стоимости обращения с РАО необходимо иметь четкую классификацию и объем РАО по каждой группе. Далее нужно определить себестоимость обращения с РАО с учетом особенностей конкретного технологического процесса их переработки. Общие затраты на обращение с РАО будут состоять из себестоимости их переработки и суммы постоянных затрат, структура которых регулируется как требованиями эффективной организации производства, так и нормами действующего законодательства. После построения обобщенной структуры затрат на обращение с РАО необходимо иметь в виду, что величина той или иной составляющей обобщенной структуры будет различной для каждого вида РАО, что обусловлено, в первую очередь, технологией их переработки.

Показана роль стоимости затрат проекта снятия с эксплуатации энергоблока АЭС как одного из наиболее важных критериев при принятии основных проектных решений. Приведены примеры использования величины стоимости при решении сложных технических задач.

Обоснована технико-экономическая оценка норматива отчислений в общепромышленный резерв финансирования проектов снятия с эксплуатации, которая учитывает специфику проектов и ряд макро- и микроэкономических параметров, что дает возможность перспективного планирования материальных ресурсов для финансирования будущих проектов снятия с эксплуатации всех энергоблоков Украины.

Литература

1. Chernik P. L., Farley W. B., Meyer M. B., Scharff L.C. Design, Costs and Acceptability of an Electric Utility Self — Insurance Pool for Assuring the Adequacy of Funds for Nuclear Power Plant Decommissioning Expenses. U. S. Nuclear Regulatory Commission, 1981.

2. *Smith R. I.* Generic Approaches to Estimating U.S. Decommissioning Costs // *The Energy Journal*. — 1991, 12, special issue. — P. 149 — 155.
3. *Manion W. J., LaGuardia T. S.* An Engineering Evaluation of Nuclear Power Reactor Decommissioning Alternatives, Nuclear Energy Service, Inc. for the Atomic Industrial Forum, Washington D.C., 1976.
4. *LaGuardia T. S., Risley J. P., Seymore F. W., Cloutier W. A., Smith E. G., Adier J. J., Hubbard K. M.* Guidelines for Producing Commercial Nuclear Power Plant Decommissioning Costs Estimates. TLG Engineering, Inc. for the Atomic Industrial Forum, Washington D.C., 1986.
5. *Oak H. D., Holier G. M., Kennedy W. E, Konzek G. J.* Technology, Safety and Costs of Decommissioning a Reference Boiling Water Reactor Power Station. Pacific Northwest Laboratory for the U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington D.C., 1980.
6. Закон Украины «Об упорядочении вопросов, связанных с обеспечением ядерной безопасности» от 24.06.2004 № 1868.
7. *Пинто Дж. К.* Управление проектами / Пер. с англ. — СПб.: Питер, 2004. — 464 с.
8. *Романова М. В.* Управление проектами. — М.: Форум, 2007. — 256 с.
9. *Носовский А. В., Салий Л. М.* Концептуальные подходы к разработке методики оценки затрат по снятию с эксплуатации энергоблоков АЭС // *Проблемы Чернобыля*. — 2003. — № 13. — С. 13 — 16.
10. *Lewis J. P.* Project Planning, Scheduling & Control: A Hands-On Guide to Bringing Project In On Time and On Budget. — NY: McGraw-Hill, 2001. — 507 p.
11. *Глухов В. В.* Математические методы и модели для менеджмента. — СПб.: Лань, 2000. — 480 с.
12. *Былкин Б. К., Штицер В. Я., Шапошников В. А.* Обоснование уровня технологического вмешательства при демонтаже оборудования блоков АЭС // *Наука и технология*. — 2003. — № 1. — С. 77 — 81.
13. *Носовский А. В., Васильченко В. Н., Ключников А. А., Яценко Я. В.* Снятие с эксплуатации ядерных энергетических установок. — К.: Техніка, 2005. — 288 с.
14. *Вітлінський В. В., Верчено П. І.* Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком. — К.: НАН України, 2000. — 292 с.
15. *Науменко В. І., Панасюк Б. Я.* Впровадження методів прогнозування і планування в умовах ринкової економіки. — К.: Глобус, 1995. — 198 с.
16. *Ковалев В. В.* Введение в финансовый менеджмент. — М.: Финансы и статистика, 2000. — 786 с.
17. *Шелудько В. М.* Фінансовий менеджмент: Підручник. — К.: Знання, 2006. — 439 с.
18. *Синев Н. М., Батуров Б. Б.* Экономика атомной энергетики. — М.: Энергоиздат, 1984. — 392 с.
19. *Литвинский Л. Л., Лобач Ю. Н.* Современные тенденции оценок затрат на снятие с эксплуатации энергоблоков АЭС // *Ядерні та радіаційні технології*. — 2003. — № 3. — С. 4 — 15.