

УДК 621.039.003

ОЦЕНКА ФИНАНСОВЫХ ЗАТРАТ ПО СНЯТИЮ С ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОБЛОКОВ РОВЕНСКОЙ АЭС

А.В. Носовский, Л.М. Салий (Славутичский филиал Национального технического университета Украины "Киевский политехнический институт")

Рассмотрены финансовые аспекты разработки концепции снятия с эксплуатации энергоблоков Ровенской АЭС с реакторами ВВЭР-440 и ВВЭР-1000. Проанализированы возможные методологические подходы к оценке затрат. Приведены результаты предварительных экономических расчетов для двух вариантов снятия с эксплуатации: отложенный и немедленный демонтаж. Сделан анализ принципиально возможных вариантов накопления средств на финансирование мероприятий, связанных со снятием с эксплуатации Ровенской АЭС. Предложена математическая модель формирования финансового резерва снятия с эксплуатации.

Введение

В соответствии с "Концепцией снятия с эксплуатации действующих атомных электростанций Украины" [1] основной целью деятельности по снятию с эксплуатации является эффективное завершение жизненного цикла всех энергоблоков и других объектов, расположенных на площадках действующих АЭС Украины, которое не приводит сейчас и в будущем к утрате конкурентоспособности ядерно-энергетического комплекса Украины в целом. Для достижения основной цели необходимо долгосрочное взаимосогласованное планирование и осуществление эффективной деятельности на этапах эксплуатации и снятия с эксплуатации энергоблоков, а также мер по поддержке и обеспечению этой деятельности. Одним из основных направлений стратегического планирования деятельности по снятию с эксплуатации является планирование его финансового обеспечения.

Снятие с эксплуатации энергоблока АЭС является сложным и продолжительным процессом, в ходе которого должны реализовываться значительное количество взаимосвязанных организационных и технических мероприятий. Кроме того, этот процесс является весьма дорогостоящим. Три из четырех энергоблоков Ровенской АЭС с ректорами типа ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 введены в эксплуатацию в 80-х годах прошлого века и будут подходить к исчерпанию их проектного ресурса в 2010-2016 годах. Поэтому уже сейчас эксплуатирующая организация понимает назревшую необходимость определиться с основными подходами к снятию с эксплуатации и начать формирование финансовых резервов. В настоящей работе предложены методологические подходы к оценке затрат на снятие с эксплуатации энергоблоков Ровенской АЭС, основанные на мировом опыте, международных рекомендациях, а также требованиях национального законодательства.

Методическое обеспечение

Для определения объемов финансового обеспечения по реализации выбранной стратегии снятия с эксплуатации были рассмотрены существующие в мировой практике данные по определению затрат на СЭ энергоблоков АЭС. Проанализированы методики оценок затрат с учетом факторов неопределенности процесса.

Финансовое обеспечение реализации выбранной стратегии снятия с эксплуатации одного энергоблока РАЭС оценивалось с учетом методики и данных, изложенных в “Концепции снятия с эксплуатации действующих атомных электростанций Украины”.

Оценка финансовых затрат для реализации мероприятий на отдельных этапах СЭ энергоблока выполнена на основе экспертных прогнозов объемов и длительности работ. Согласно нормативным требованиям [2] оценивались затраты на этапе прекращения эксплуатации и этапе окончательного закрытия, этапе консервации оборудования энергоблока, этапе выдержки и этапе демонтажа энергоблока. Для определения стоимости затрат использовались методы ориентировочных расчетов с использованием укрупненных показателей, выведенных по проектам-аналогам, и основанные на учете сложившейся структуры затрат на объектах-аналогах. Затраты на каждом этапе снятия с эксплуатации разделены на две группы: прямые затраты и затраты периода.[3]. К прямым затратам отнесены те затраты, которые формируют историческую себестоимость работ. Затраты периода – это те затраты, которые не включаются в себестоимость выполненных работ и рассматриваются как затраты того периода, в котором они были осуществлены. К прямым затратам отнесены основные технологические затраты, сопутствующие затраты, затраты на обращение с РАО и ОЯТ.

К основным технологическим отнесены затраты на:

- дезактивацию оборудования, помещений;
- демонтаж оборудования, систем и трубопроводов;
- сохранение и укрепление барьеров, предотвращающих распространение радиоактивных веществ в окружающую среду;
- доведение помещений блока до норм, установленных нормативными документами;
- консервация части установки, которая не демонтируется.

К сопутствующим отнесены затраты на:

- проектное и научно-техническое обеспечение, которое включает в себя разработку программ (проектов) 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, включающее комплексное инженерное и радиационное обследование, проведение экспертиз;
- информационное обеспечение проекта снятия с эксплуатации.

К затратам на обращение с РАО отнесены затраты на:

- монтаж и пуск установок по переработке радиоактивных отходов;
- сбор, классификация, сортировка по виду, уровню активности, категории;
- создание контейнерного парка;
- временное хранение в емкостях, бункерах;
- кондиционирование;
- временное хранение в наземных или приповерхностных сооружениях;
- перевозку: погрузка, транспортировка, разгрузка транспортных контейнеров.

К затратам на обращение с ОЯТ отнесены затраты на:

- выгрузку ОЯТ в приреакторные бассейны выдержки;
- выдержку ОЯТ;
- перегрузку в транспортные контейнеры и отправку с площадки ядерной установки на переработку или временное хранение.

К затратам периода отнесены общепроизводственные и административные затраты, затраты на поддержание энергоблока, снимаемого с эксплуатации, в безопасном состоянии (заработная плата персонала энергоблока, ремонт и техническое обслуживание систем и оборудования, содержание зданий и сооружений, охрана территории площадки, коммунальные и энергетические затраты, затраты на безопасность, экологический мониторинг, поддержание квалификации), переподготовка кадров.

Кроме того, в общей стоимости проекта 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, и металлолом. С учетом высокой степени неопределенности и сложности проекта СЭ, коэффициент непредвиденных расходов принят на уровне 15 % от общей стоимости.

Таким образом, общая стоимость проекта снятия с эксплуатации на каждом этапе представлена в виде:

$$C_{об} = Z_{пр} + Z_{пер} + P_{неп} - C_p,$$

где $C_{об}$ – общая стоимость проекта снятия с эксплуатации;

$Z_{пр}$ – прямые затраты;

$Z_{пер}$ – затраты периода;

$P_{неп}$ – непредвиденные расходы;

C_p – стоимость реализованного оборудования и материалов.

В свою очередь, для определения прямых затрат примененная формула имеет вид:

$$Z_{пр} = Z_m + Z_c + Z_o + Z_{ям},$$

где $Z_{пр}$ – прямые затраты;

Z_m – основные технологические затраты,

Z_c – сопутствующие затраты,

Z_o – затраты на обращение с РАО;

$Z_{ям}$ – затраты на обращение с отработавшим ядерным топливом.

Оценка прямых затрат проведена с использованием технологического анализа – то есть системного анализа функций деятельности для определения технологической взаимосвязи между затратами ресурсов и результатом деятельности [4]. В качестве метода оценки основных технологических затрат применялся метод стоимости единичной операции [5,6]. При этом для каждой единицы работы вводились группы затрудняющих работу факторов (учитываемых коэффициентами), которые увеличивают продолжительность работ.

При оценке сопутствующих затрат применялись нормативы трудоемкости в зависимости от сочетания основных показателей, характеризующих объект нормирования. Влияние дополнительных факторов на величину трудоемкости

учитывалось поправочными коэффициентами к основному нормативу. Все факторы, влияющие на величину трудоемкости, поделены на основные, такие как категория новизны и группа сложности, и второстепенные. Конкретные значения поправочных коэффициентов определялись экспертным путем.

Для оценки стоимости обращения с РАО определялась сумма затрат на обработку единицы РАО, например 1 м^3 , то есть себестоимость обращения с единицей РАО. Эта величина различна для каждого вида РАО, что обусловлено, в первую очередь, технологией их переработки. Общие затраты на обращение с РАО состоят из себестоимости всех работ по обращению и суммы постоянных затрат. В структуре постоянных затрат учтены требования эффективности организации производства, объективные потребности обеспечения процесса производства, а также нормы действующего законодательства.

При расчетах был заложен курс Национального Банка Украины для соотношения гривна/евро, равного 6,7 в базовом 2007 году. Во всех оценках фонд заработной платы (далее – ФЗП) персонала принимался равным среднеотраслевому значению в базовом 2007 г. Ставки налогов и отчислений от ФЗП на социальные мероприятия принимались равными их величине в базовом 2007 году.

Только методы, имеющиеся в распоряжении на данный момент, брались в расчет для дезактивации, демонтажа и обработки отходов. Кроме легальных требований владельца эксплуатирующей организации никакие социальные затраты не рассматривались. В оцененную стоимость СЭ не входят затраты на передачу на захоронение РАО и ОЯТ, образовавшихся при СЭ.

Затраты на снятие с эксплуатации первого (головного) энергоблока заданного типа превышают затраты на СЭ последующих энергоблоков; это учитывается введением понижающего коэффициента, равного 0,9 при оценке затрат на СЭ любого энергоблока заданного типа, кроме головного. Повышенная, по сравнению с энергоблоками ВВЭР-440, металлоемкость энергоблоков ВВЭР-1000 учитывается с помощью пересчетного коэффициента, равного отношению металлоемкости рассматриваемого энергоблока к металлоемкости эталонного энергоблока. Величина пересчетного коэффициента принята равной 1,5

К капитальным вложениям отнесены затраты на сооружение временных хранилищ РАО, установок по сбору, переработке, кондиционированию и транспортированию РАО, установки по переработке радиоактивных материалов, технологических линий по демонтажу и фрагментации оборудования и строительных конструкций и т.д.

Полученные результаты

Сводная информация по поэтапной оценке затрат согласно предложенным вариантам снятия с эксплуатации приведена в таблицах 1–8.

При оценке затрат на этапах прекращения эксплуатации и окончательного закрытия принимались в расчет следующие условия. На стадии прекращения эксплуатации все системы энергоблока обслуживаются по эксплуатационному регламенту вплоть до начала этапа окончательного закрытия блока. Полная численность персонала сохраняется до удаления отработавшего топлива с промплощадки. Обращение с ОЯТ, включая выгрузку из активной зоны, перегрузку в бассейн выдержки, содержание в бассейне выдержки, проводится в штатном режиме силами оперативного персонала. Объемы затрат на этапе прекращения эксплуатации и этапе окончательного закрытия приведены в Таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Затраты на этапе прекращения эксплуатации энергоблоков Ровенской АЭС

Наименование статей затрат	Энергоблок №1		Энергоблок №2		Энергоблок №3, Энергоблок №4	
	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро
Прямые затраты						
Оплата труда	11330	1691	10197	1522	15295	2283
Материалы	8978	1340	8080	1206	12120	1809
Энергозатраты	6097	910	5487	819	8231	1229
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	3283	490	2955	441	4432	662
Другие производственные затраты	6003	896	5403	806	8104	1210
Итого прямые затраты	35691	5327	32122	4794	48183	7191
Затраты периода						
Организация и управление	2178	325	1960	293	2940	439
Обслуживание систем энергоблока и содержание блока в безопасном состоянии	25835	3856	23252	3470	34878	5206
Амортизационные отчисления	2178	325	1960	293	2940	439
Затраты на переподготовку	4556	680	4100	612	6151	918
Итого затраты периода	34746	5186	31272	4667	46907	7001
Сопутствующие затраты						
Проведение НИР, ОКР, КИРО, ТЭИ, разработка ТЭО, ОАБ, получение лицензии	8710	1300	7839	1170	11759	1755
Итого затрат	79147	11813	71232	10632	106849	15948
Капитальные вложения	6499	970	5849	873	8774	1310
Непредвиденные расходы	12844	1917	11560	1725	17339	2588
Всего	98490	14700	88641	13230	132962	19845

Таблица 2. Затраты на этапе окончательного закрытия энергоблоков Ровенской АЭС

Наименование статей затрат	Энергоблок №1		Энергоблок №2		Энергоблок №3, Энергоблок №4	
	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро
1	2	3	4	5	6	7
Прямые затраты						
Оплата труда	3779	564	3401	508	5101	761
Материалы	3082	460	2774	414	4161	621
Энергозатраты	2613	390	2352	351	3528	527
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	2184	326	1966	293	2949	440
Другие производственные затраты	3229	482	2906	434	4360	651
Итого прямые затраты	14887	2222	13399	2000	20098	3000
Затраты периода						
Организация и управление	1809	270	1628	243	2442	365
Обслуживание систем энергоблока и содержание блока в безопасном состоянии	9809	1464	8828	1318	13242	1976
Амортизационные отчисления	1085	162	977	146	1465	219
Затраты на переподготовку	737	110	663	99	995	149
Итого затраты периода	13440	2006	12096	1805	18144	2708

1	2	3	4	5	6	7
Сопутствующие затраты Проведение НИР, ОКР, КИРО, ТЭИ, разработка ТЭО, ОАБ, получение лицензии	8710	1300	7839	1170	11759	1755
Затраты на обращение с РАО						
Затраты на обращение с ЖРО	10184	1520	9166	1368	13748	2052
Затраты на обращение с ТРО	6600	985	5940	887	8909	1330
Итого затраты на обращение с РАО	16784	2505	15105	2255	22658	3382
Итого затрат	53821	8033	48439	7230	72658	10845
Капитальные вложения	1541	230	1387	207	2080	311
Непредвиденные расходы	8308	1240	7477	1116	11216	1674
Всего	63670	9503	57303	8553	85955	12829

В перечень затрат, включенных в оценку этапа консервации энергоблока включены затраты на демонтажные работы, работы по дезактивации, локализации и консервации оборудования и строительных конструкций, значительный объем работ по доведению помещений до санитарных норм.

Объемы затрат на этапе консервации энергоблока приведены в Таблице 3.

Таблица 3. Затраты на этапе консервации энергоблоков Ровенской АЭС

Наименование статей затрат	Энергоблок №1		Энергоблок №2		Энергоблок №3, Энергоблок №4	
	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро
1	2	3	4	5	6	7
Прямые затраты						
Оплата труда	9661	1442	8695	1298	13043	1947
Материалы	55570	8294	50013	7465	75019	11197
Энергозатраты	3940	588	3546	529	5318	794
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	8013	1196	7212	1076	10818	1615
Другие производственные затраты	5702	851	5132	766	7697	1149
Итого прямые затраты	82886	12371	74597	11134	111896	16701
Затраты периода						
Организация и управление	2667	398	2400	358	3600	537
Обслуживание систем энергоблока и содержание блока в безопасном состоянии	13092	1954	11783	1759	17674	2638
Амортизационные отчисления	2988	446	2689	401	4034	602
Затраты на переподготовку	938	140	844	126	1266	189
Итого затраты периода	19685	2938	17716	2644	26574	3966
Сопутствующие затраты						
Разработка комплекта документации, получение лицензии	5695	850	5126	765	7688	1148
Затраты на обращение с РАО						
Затраты на обращение с ЖРО	8442	1260	7598	1134	11397	1701
Затраты на обращение с ТРО	10385	1550	9347	1395	14020	2093
Итого затраты на обращение с РАО	18827	2810	16944	2529	25416	3794

1	2	3	4	5	6	7
Итого затрат	127092	18969	114383	17072	171575	25608
Непредвиденные расходы	19062	2845	17155	2561	25733	3841
Стоимость реализации части отходов и демонтированного оборудования						
	-11390	-1700	-10251	-1530	-15377	-2295
Всего	134764	20114	121287	18103	181931	27154

Объемы затрат на этапе выдержки энергоблока приведены в Таблице 4.

Таблица 4. Затраты на этапе выдержки энергоблоков Ровенской АЭ

Наименование статей затрат	Энергоблок №1		Энергоблок №2		Энергоблок № 3, Энергоблок № 4	
	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро
Прямые затраты						
Оплата труда	10908	1628	9817	1465	14725	2198
Материалы	32147	4798	28932	4318	43398	6477
Энергозатраты	8348	1246	7513	1121	11270	1682
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	12864	1920	11578	1728	17366	2592
Другие производственные затраты	12851	1918	11566	1726	17348	2589
Итого прямые затраты	77117	11510	69405	10359	104108	15539
Затраты периода						
Организация и управление	48944	7305	44049	6575	66074	9862
Эксплуатация и поддержание в безопасном состоянии зданий, сооружений, оборудования	90852	13560	81767	12204	122650	18306
Физическая защита	8375	1250	7538	1125	11306	1688
Содержание хранилищ РАО	28308	4225	25477	3803	38215	5704
Амортизационные отчисления	2144	320	1930	288	2894	432
Итого затраты периода	178622	26660	160760	23994	241140	35991
Сопутствующие затраты	5092	760	4583	684	6874	1026
Затраты на обращение с РАО	16080	2400	14472	2160	21708	3240
Итого затрат	276911	41330	249220	37197	373830	55796
Непредвиденные расходы	41540	6200	37386	5580	56079	8370
Всего	318451	47530	286606	42777	429909	64166

Трудоемкость работ по демонтажу законсервированного оборудования оценивалась с учетом опыта проведения аналогичных работ на действующих АЭС. При этом для каждой единицы работы вводились группы затрудняющих работу факторов, учитываемых повышающими коэффициентами, для работ в зоне ионизирующих излучений, работ с радиоактивными и опасными веществами. Кроме того, учитывались факторы сложности работы, такие как использование средств индивидуальной защиты, работа на высоте, в труднодоступных местах и т.п.

Объемы затрат на этапе ликвидации энергоблока (вариант отложенного демонтажа) приведены в Таблице 5.

Таблица 5. Затраты на этапе демонтажа энергоблоков Ровенской АЭС (отложенный демонтаж)

Наименование статей затрат	Энергоблок №1		Энергоблок №2		Энергоблок № 3, Энергоблок № 4	
	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро
Прямые затраты						
Оплата труда	64320	9600	57888	8640	86832	12960
Материалы	98591	14715	88731	13244	133097	19865
Энергозатраты	10184	1520	9166	1368	13748	2052
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	1916	286	1725	257	2587	386
Другие производственные затраты	24616	3674	22154	3307	33231	4960
Капитальные вложения	9782	1460	8804	1314	13206	1971
Итого прямые затраты	209409	31255	188468	28130	282701	42194
Затраты периода						
Организация и управление	17487	2610	15738	2349	23607	3524
Эксплуатация и поддержание в безопасном состоянии зданий, сооружений, оборудования	23383	3490	21045	3141	31567	4712
Итого затраты периода	40870	6100	36783	5490	55175	8235
Сопутствующие затраты	4221	630	3799	567	5698	851
Затраты на обращение с РАО	42478	6340	38230	5706	57345	8559
Итого затрат	296978	44325	267280	39893	400920	59839
Непредвиденные расходы	44548	6649	40093	5984	60140	8976
Стоймость реализации части отходов и демонтированного оборудования	-16080	-2400	-14472	-2160	-21708	-3240
Всего	325446	48574	292901	43717	439352	65575

Объемы затрат на этапе демонтажа энергоблока (вариант немедленного демонтажа) приведены в Таблице 6.

Таблица 6. Затраты на этапе демонтажа энергоблоков Ровенской АЭС (немедленный демонтаж)

Наименование статей затрат	Энергоблок №1		Энергоблок №2		Энергоблок № 3, Энергоблок № 4	
	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро
1	2	3	4	5	6	7
Прямые затраты						
Оплата труда	102912	15360	92621	13824	138931	20736
Материалы	157363	23487	141627	21138	212440	31707
Энергозатраты	10452	1560	9407	1404	14110	2106
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	8710	1300	7839	1170	11759	1755
Другие производственные затраты	59898	8940	53908	8046	80862	12069
Капитальные вложения	9782	1460	8804	1314	13206	1971
Итого прямые затраты	349117	52107	314205	46896	471308	70344
Затраты периода						
Организация и управление	18090	2700	16281	2430	24422	3645

1	2	3	4	5	6	7
Эксплуатация и поддержание в безопасном состоянии зданий, сооружений, оборудования	17313	2584	15582	2326	23372	3488
Итого затраты периода	35403	5284	31863	4756	47794	7133
Сопутствующие затраты	5360	800	4824	720	7236	1080
Затраты на обращение с РАО	95810	14300	86229	12870	129344	19305
Итого затрат	485690	72491	437121	65242	655681	97863
Непредвиденные расходы	72856	10874	65570	9787	98355	14680
Стоимость реализации части отходов и демонтированного оборудования						
	-27470	-4100	-24723	-3690	-37085	-5535
Всего	531076	79265	477968	71339	716952	107008

Общая сумма затрат на снятие с эксплуатации при варианте отложенного демонтажа представлена в Таблице 7.

Таблица 7. Затраты на снятие с эксплуатации энергоблоков Ровенской АЭС (отложенный демонтаж)

Наименование статей затрат	Энергоблок №1		Энергоблок №2		Энергоблок № 3, Энергоблок № 4	
	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро
Этап прекращения эксплуатации	98490	14700	88641	13230	132962	19845
Этап окончательного закрытия	63670	9503	57303	8553	85955	12829
Этап консервации	134764	20114	121287	18103	181931	27154
Этап длительной выдержки	318451	47530	286606	42777	429909	64166
Этап ликвидации	325446	48574	292901	43717	439352	65575
Итого	940821	140421	846739	126379	1270108	189568

Общая сумма затрат на снятие с эксплуатации при варианте немедленного демонтажа представлена в Таблице 8.

Таблица 8. Затраты на снятие с эксплуатации энергоблоков Ровенской АЭС (немедленный демонтаж)

Наименование статей затрат	Энергоблок №1		Энергоблок №2		Энергоблок № 3, Энергоблок № 4	
	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро
Этап прекращения эксплуатации	98490	14700	88641	13230	132962	19845
Этап окончательного закрытия	63670	9503	57303	8553	85955	12829
Этап ликвидации	531076	79265	477968	71339	716952	107008
Итого	693236	103468	623912	93121	935868	139682

Затраты на обращение с РАО, образовавшимся во время эксплуатации энергоблоков Ровенской АЭС, и ОЯТ представлены в Таблицах 9, 10.

Таблица 9. Затраты на обращение с РАО, образовавшимися во время эксплуатации энергоблоков Ровенской АЭС

Наименование статей затрат	Энергоблок №1		Энергоблок №2		Энергоблок № 3, Энергоблок № 4	
	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро
Затраты на обращение с ЖРО	25192	3760	22673	3384	34009	5076
Затраты на обращение с ТРО	22211	3315	19989	2984	29984	4475
Итого затраты на обращение с РАО	47403	7075	42662	6368	63993	9551

Таблица10. Затраты на обращение с ОЯТ для энергоблоков РАЭС

Наименование статей затрат	Энергоблок №1		Энергоблок №2		Энергоблок № 3, Энергоблок № 4	
	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро	тыс. грн.	тыс. евро
Затраты на обращение с ОЯТ	63215	9435	56893	8492	85340	12737

Модель формирования фонда снятия с эксплуатации

Развернутый анализ всех принципиально возможных вариантов накопления средств на финансирование будущих мероприятий, связанных со снятием с эксплуатации Ровенской АЭС, основан на мировом опыте, международных рекомендациях, а также требованиях национального законодательства. В соответствии с Законом Украины “Об упорядочении вопросов, связанных с обеспечением ядерной безопасности” [9] в качестве основного источника финансирования работ по СЭ должен использоваться финансовый резерв, формирующийся из средств целевого финансирования и целевых поступлений от эксплуатирующей организации за время осуществления нею эксплуатации ядерной установки. Средства аккумулируются на счете со специальным режимом использования в установленном размере в процентах от полученного этой организацией чистого дохода от реализации продукции. 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 предусмотрен порядок инвестирования средств финансового резерва и условия его использования. К сожалению, финансовый резерв, который мог бы обеспечить устойчивое гарантированное финансирование работ по решению задач снятия с эксплуатации, пока существует формально и не имеет реального наполнения.

Ниже приведена возможная математическая модель формирования финансового резерва СЭ. При формировании модели в ее основу был положен вариант снятия с эксплуатации ядерных энергоблоков АЭС Украины, который предусматривает наличие подготовительного этапа, этапа консервации и локализации оборудования энергоблока, этапа длительной выдержки и этапа ликвидации энергоблока.

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

$$M_{\theta} = N_i \cdot (1 - f_i(t)) \cdot K_i(t) \cdot S_{\theta},$$

где M_0 – стоимость электроэнергии, реализованной в год θ_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 киловатт-часа на момент начала отчислений.

Для любого текущего года t работы энергоблока цена 1 киловатт-часа составит

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

где $Q(t)$ – индекс инфляции электроэнергии как функция времени.

$$Q(t) = \exp \int_0^t i_e(\tau) d\tau,$$

где $i_e(t)$ – темп инфляции цены одного киловатт-часа 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 θ_i (начала отчислений в Резерв для i -го энергоблока) и до текущего года t_i составит

$$M = N_i \cdot S_0 \cdot \int_{\theta_i}^{t_i} [1 - f_i(t)] \cdot K_i(t) \cdot \exp \left(\int_{\theta_i}^t i_e(\tau) d\tau \right) dt.$$

В таком случае величина Резерва, формируемого за счет постоянной доли отчислений в него от стоимости каждого реализованного киловатт-часа, за период времени от года θ_i до текущего года t_i в расчете на i -й энергоблок будет равна

$$\phi_i = q \cdot N_i \cdot S_0 \cdot \int_{\theta_i}^{t_i} [1 - f_i(t)] \cdot K_i(t) \cdot \exp \left(\int_{\theta_i}^t i_e(\tau) d\tau \right) dt.$$

Средства накапливаемого фонда можно рассматривать как возрастающий капитал, который может приносить доход (или убывать, если общая инфляция превалирует над процентной ставкой). Динамику изменения величины фонда (резерва) во времени можно учесть с помощью дисконтного множителя, определяемого ставкой дисконтирования. Логично принять в качестве ставки дисконтирования номинальную ставку процента $P(t)$, в соответствии с которой аккумулируются средства фонда.

Если $P_r(t)$ – реальная процентная ставка, то номинальную ставку определяем с учетом общего темпа инфляции $i(t)$. В реальных экономических условиях значительной, переменной во времени общей инфляции, для полной компенсации ее влияния, номинальная определена следующим образом

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

В зависимости от условий размещения средств Фонда (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 n – величина постоянная.

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

Таким образом, множитель дисконтирования, посредством которого цены текущего года приводятся к базовому, равен $\exp(-(1 - n)P_n(t))$.

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

$$\Phi_i = q \cdot N_i \cdot S_0 \cdot \int_{\theta_i}^{t_i} [1 - f_i(t)] \cdot K_i(t) \cdot \exp\left(\int_{\theta_i}^t i_e(\tau) d\tau\right) \cdot \exp(-(1 - n) \cdot \int_{\theta_i}^t P_n(\tau) d\tau) dt.$$

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

$$\Phi_{AЭС} = \sum_i^N \Phi_i,$$

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 -тым этапам вывода j -тых энергоблоков из эксплуатации, объем средств Резерва в любой текущий год составит

$$\Phi(t) = \Phi_{AЭС} - \sum_j \sum_k \int_{t_k}^{t_{k+1}} \left[Z_k^j(t) \cdot \exp\left[-\int_{t_k}^{t_{k+1}} P_n(\tau) d\tau\right] \cdot \exp\left[\int_{t_k}^{t_{k+1}} i_k^m(\tau) d\tau\right] \right] dt,$$

где j – номер энергоблока, снимаемого с эксплуатации;

k – номер этапа вывода из эксплуатации;

t_k – время начала работ k -того этапа;

t_{k+1} – время окончания работ k -того этапа (начало работ $k+1$ -го этапа);

$Z_k^j(t)$ – затраты по k -тому этапу при выводе из эксплуатации j -того энергоблока;

i_k^m – темп роста инфляции затрат на k -том этапе вывода j -того энергоблока из эксплуатации.

Вид функций зависимости от времени темпа роста инфляции и налоговскорректированной ставки банковского процента (ставки дисконтирования) определяются на основании долгосрочного экономического прогноза. Вид функций зависимости от времени расхода на собственные нужды $f_i(t)$ и коэффициента использования установленной мощности $K_i(t)$ могут быть определены из статистической обработки массивов режимных данных энергоблока с экстраполяцией этих функций до момента останова энергоблока. Для оценочных расчетов предлагается взять эти величины как постоянные, усредненные по времени работы энергоблоков.

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.

Кроме того, источниками финансирования мероприятий по СЭ могут являться:

- целевые инвестиционные средства и услуги эксплуатирующей организаций;

- взносы участников реализации концепции в виде целевых отчислений от прибыли предприятий, заинтересованных в реализации мероприятий концепции;
- кредиты банков, средства фондов и общественных организаций;
- средства зарубежных инвесторов, заинтересованных в реализации концепции (или ее мероприятий).

Выводы

Оценка затрат на снятие с эксплуатации энергоблоков атомных станций является одной из наиболее важных составляющих при разработке согласованной стратегии снятия с эксплуатации ядерной установки, отражающей национальную политику и гарантирующей безопасность персонала и населения. Для разработки концепции снятия энергоблоков РАЭС с эксплуатации в части определения размера финансирования и обеспечения его устойчивости необходима обоснованная оценка планируемых затрат, которая могла бы определить прогнозируемую потребность в финансовых ресурсах к определенному моменту времени.

Кроме того, предварительные экономические расчеты сделанные в настоящей работе для двух вариантов возможной стратегии снятия с эксплуатации, таких как отложенный демонтаж и немедленный демонтаж, дают возможность иметь дополнительный критерий при выборе стратегии.

Для определения стоимости затрат использовались методы ориентировочных расчетов с использованием укрупненных показателей, выведенных по проектам-аналогам, и основанные на учете сложившейся структуры затрат на объектах-аналогах. В статье определены принципиальные подходы к оценке каждой категории затрат.

На основании требований действующего законодательства в качестве основного источника финансирования работ по СЭ должен использоваться финансовый резерв, формирующийся из средств целевого финансирования и целевых поступлений от эксплуатирующей организации за время осуществления ею эксплуатации ядерной установки. В работе даны возможные пути решения задачи определения обоснованной нормы отчислений в фонд путем формирования математической модели накопления фонда, которая учитывала бы силу роста инфляции электроэнергии, изменение во времени количества вырабатываемой энергии и реализованной энергоблоком электроэнергии, силу роста налоговоскорректированной процентной ставки, и математической модели расходования средств фонда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция снятия с эксплуатации действующих АЭС Украины // Минтопэнерго. – К. – 2001.
2. Общие положения обеспечения безопасности при снятии с эксплуатации атомных электростанций и исследовательских реакторов (ОПБ-СЭ). – К. – 1998.
3. Носовский А.В., Салий Л.М. Концептуальные подходы к разработке методики оценки затрат по снятию с эксплуатации энергоблоков атомных

- электрических станций // Проблемы Чернобыля. – Чернобыль. – 2003. – вып.13. – С. 13–16.
4. Носовский А.В., Салий Л.М. Основные методические рекомендации по определению технологических затрат при снятии энергоблока АЭС с эксплуатации // Ядерная и радиационная безопасность. – К. – 2004. – вып.1. – С. 31–40.
 5. 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.
 6. 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.
 7. Носовский А.В., Салий Л.М. Метод оценки затрат на обращение с радиоактивными отходами при снятии энергоблока АЭС с эксплуатации// Проблемы Чернобыля. – Чернобыль. – 2006. – вып.4. – С. 94–103.
 8. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций, НП.306.1.02/1.034-2000.
 9. Закон Украины “Об упорядочении вопросов, связанных с обеспечением ядерной безопасности” от 24.06.2004 № 1868.