

УДК 621.039

ВЫВОД ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ: КОНЦЕПЦИЯ; СОСТОЯНИЕ С ВЫПОЛНЕНИЕМ РАБОТ*

С.А. Немытов*, В.К. Зимин**

** Концерн «Росэнергоатом», г. Москва*

*** ГП ВНИИАЭС, г. Москва*



Статья посвящена актуальной тематике вывода из эксплуатации энергоблоков АЭС, выработавших ресурс. Рассмотрены основные понятия, нормативные документы, этапы процесса и его особенности.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕПЦИЯ ВЫВОДА БЛОКОВ АЭС ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Вывод энергоблока АЭС из эксплуатации - завершающий этап жизненного цикла блока АЭС, который в соответствии с ОПБ-88/97 является процессом осуществления комплекса мероприятий после удаления ядерного топлива, исключающий использование блока в качестве источника энергии и обеспечивающим безопасность персонала и окружающей среды.

Концепция вывода энергоблоков АЭС концерна «Росэнергоатом» из эксплуатации определена с учетом следующих факторов, влияющих на номенклатуру, порядок и стоимость выполнения работ:

- закрепление за эксплуатирующей организацией – концерном «Росэнергоатом» земельных участков в пределах санитарно-защитной зоны атомных станций на праве бессрочного пользования;
- отсутствие национальных и региональных могильников и хранилищ для захоронения и хранения радиоактивных отходов различных категорий, образующихся при эксплуатации и, особенно, при выводе из эксплуатации блока АЭС;
- вывод из эксплуатации блоков АЭС будет происходить на площадках с работающими блоками, и необходимо учитывать влияние работ по выводу из эксплуатации на безопасную эксплуатацию действующих энергоблоков;
- необходимость накопления средств в специальном фонде приводит к выбору варианта с длительной выдержкой блоков под наблюдением.

При разработке в концепцию вывода из эксплуатации были заложены следующие основные принципы:

- вывод из эксплуатации блока АЭС, как правило, производится после истечения назначенного (30-летнего или продленного) срока службы или в случае невоз-

© С.А. Немытов, В.К. Зимин, 2002

* Доклад на VII международной конференции «Безопасность АЭС и подготовка кадров» (г. Обнинск, 8-12 октября 2001 г.)

возможности обеспечения приемлемого уровня безопасности его эксплуатации;

- при планировании вывода из эксплуатации необходимо исходить из принципа замещения выбывающих энергомощностей новыми энергоблоками;
- при выводе из эксплуатации блока АЭС должно обеспечиваться максимально-возможное использование промплощадки и всей инфраструктуры АЭС для нужд атомной энергетики, в том числе хранения РАО.

С учетом вышеизложенных принципов и ограничений концепция вывода из эксплуатации блоков АЭС в РФ представляет собой следующую последовательность работ и мероприятий.

В соответствии с требованиями нормативных документов за 5 лет до истечения 30-летнего срока службы блока АС на основании результатов технико-экономических исследований определяется направление работ: продление срока службы блока или вывод из эксплуатации, а также в соответствии с ОПБ-88/97 разрабатывается программа вывода блока из эксплуатации.

После окончательного останова блока начинается подготовительный этап, который включает в себя

- перевод блока АЭС в ядерно-безопасное состояние (удаление ядерного топлива из активной зоны реактора и в дальнейшем с территории блока АЭС);
- удаление радиоактивных рабочих сред и эксплуатационных радиоактивных отходов с блока АЭС и их переработка;
- штатную дезактивацию оборудования, систем и строительных конструкций блока АЭС.

Продолжительность этапа 3 – 5 лет.

В соответствии с требованиями надзорных органов этап подготовки к выводу не включен в процесс вывода из эксплуатации, и блок АЭС считается находящимся в эксплуатации и обслуживается в соответствии со специальным регламентом.

В общем случае концепция предусматривает реализацию следующих этапов при выводе из эксплуатации блока АЭС, отработавшего 30-летний или продленный срок службы.

а). Этап подготовки блока к сохранению под наблюдением включает в себя следующие основные работы:

- локализация высокоактивного оборудования в помещениях реакторного отделения блока на период, определяемый проектом снятия с эксплуатации, установленный с учетом предполагаемого изменения фактической радиационной обстановки на блоке АС и остаточного ресурса строительных конструкций блока АС;
- консервация оборудования, систем и строительных конструкций блока АС;
- демонтаж и удаление чистого, слабозагрязненного и низкоактивированного оборудования и систем блока АС с последующей утилизацией чистого оборудования и переработкой, упаковкой и организованным хранением образующихся радиоактивных отходов в хранилищах на промплощадке АС.

На этом этапе сохраняется работоспособность системы радиационного контроля, оптимизированной в соответствии с изменившимся состоянием блока, характеристиками и объемом радиационного контроля, а также целостность и работоспособность оборудования и систем, обеспечивающих безопасное содержание блока АС в режиме сохранения под наблюдением и проведение последующих работ по снятию с эксплуатации блока АС.

Продолжительность этапа 5 – 6 лет.

б). Этап сохранения блока АЭС под наблюдением включает в себя

- эксплуатацию зданий, сооружений и оборудования обеспечивающих режим сохранения под наблюдением;

- радиационный контроль и мониторинг промплощадки и окружающей среды;
- подготовку нормативно-технической документации и оборудования, необходимого для проведения работ на следующем этапе.

Продолжительность этапа определяется проектом и может зависеть от

- срока службы строительных конструкций, в которых находится локализованное оборудование;
- снижения радиоактивности активности конструкций за счет естественного распада;
- необходимости освобождения промплощадки для строительства нового блока и т.п.

и может колебаться в пределах от 30 до 100 лет.

в). Этап ликвидации блока АЭС включает в себя

- полный демонтаж локализованного оборудования, зданий и сооружений блока АЭС;

- переработку и вывоз всех РАО в региональный могильник на захоронение;
- рекультивацию освободившейся территории промплощадки.

Продолжительность этапа 5 - 6 лет.

В случае, если по каким-либо причинам вариант «Ликвидация блока» не может быть выполнен, выполняется вариант «Захоронение блока», предусматривающий создание дополнительных долговременных защитных барьеров (в виде контейнмента или тому подобного) вокруг локализованных помещений реакторного отделения для исключения распространения радиоактивного загрязнения в окружающую среду, защиты от стихийных бедствий и для исключения несанкционированного доступа.

СОСТОЯНИЕ С ВЫПОЛНЕНИЕМ РАБОТ ПО ПОДГОТОВКЕ К ВЫВОДУ БЛОКОВ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В Российской Федерации в период до 2020 г. заканчивается 30-летний срок службы 28 энергоблоков АЭС общей электрической мощностью 20288 МВт (табл. 1).

Четыре энергоблока общей электрической мощностью 875 МВт уже окончательно остановлены: на Нововоронежская АЭС - 1 блок с ВВЭР-210 остановлен в 1984 г., 2 блок с ВВЭР-365 остановлен в 1990 г.; на Белоярской АЭС - 1 блок с реактором АМБ-100 остановлен в 1983 г., 2 блок с реактором АМБ-200 остановлен в 1989 г.

Работы, выполняемые на 1, 2 блоках Белоярской и 1, 2 блоках Нововоронежской АЭС, позволяют накопить необходимый опыт, разработать эффективные организационные, технические, технологические и проектно-конструкторские решения, которые впоследствии будут использованы при выводе из эксплуатации других российских АЭС, а также продемонстрировать возможность осуществления безопасного вывода энергоблоков из эксплуатации.

Вывод из эксплуатации - сложный и длительный процесс, подготовка к которому проводится на всех этапах жизненного цикла блока АЭС. Для обеспечения этого процесса концерн «Росэнергоатом» определил основные направления работ по подготовке к выводу и выводу из эксплуатации блоков АЭС.

1. Разработка нормативной документации, регламентирующей работы по выводу блоков из эксплуатации

В настоящее время процесс подготовки к выводу и вывод из эксплуатации регламентируется следующими нормативными документами.

- «Концепция снятия с эксплуатации энергоблоков АЭС» - МАЭП от 23.08.91 г.
- Руководящий документ эксплуатирующей организации «Основные положения по снятию с эксплуатации блоков АС» - РД ЭО 0013-93.

- Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Правила обеспечения безопасности при выводе из эксплуатации блока АС» – НП 012-99.

- Руководство по безопасности «Требования к содержанию программы вывода из эксплуатации блока атомной станции»- РБ -013 –2000.

Разрабатываются и готовятся для введение в действие в 2000 –2001 гг.

- руководящий документ эксплуатирующей организации «Комплексное инженерное и радиационное обследование блока АС. Состав и порядок проведения»;

- федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности при выводе из эксплуатации блока АС» (совместно с ГАН).

2. Формирование средств специального фонда для финансирования работ по выводу из эксплуатации

В рамках формирования средств и управления специальным фондом на покрытие расходов на вывод из эксплуатации блоков концерна «Росэнергоатом»

- выполнен технико-экономический расчет стоимости вывода из эксплуатации основных типов блоков АЭС концерна «Росэнергоатом» для обоснования норматива отчислений в специальный фонд концерна на покрытие расходов по выводу из эксплуатации атомных станций;

- выполнен расчет-обоснование норматива отчислений в специальный фонд эксплуатирующей организации по выводу энергоблоков АЭС из эксплуатации;

- проект постановления Правительства РФ об утверждении норматива отчислений, одобренный Минатомом и Минфином РФ, соответствует второй части налогового кодекса РФ.

3. Планирование работ по подготовке к выводу и вывод блоков из эксплуатации

Планирование и регламентация работ по подготовке и выводу из эксплуатации блоков АЭС осуществляется на основе разработанных и утвержденных программ вывода из эксплуатации 3, 4 блоков Нововоронежской АЭС, 1, 2 блоков Кольской АЭС и 1, 2, 3 блоков Билибинской АЭС. В программах определен основной перечень организационно-технических мероприятий и работ, направленных на решение задач по подготовке и выводу из эксплуатации блоков АЭС, реализуемых на стадиях

- подготовки блоков к выводу из эксплуатации начиная за пять лет до истечения 30-летнего срока службы;

- окончательного останова блока АС и развертывания работ по подготовке блоков АЭС к выводу из эксплуатации;

- вывода из эксплуатации блоков АЭС.

Программа вывода из эксплуатации входит в перечень документов, представляемых в ГАН для получения лицензии на вывод блоков АЭС из эксплуатации.

4. Получение лицензии Госатомнадзора России на вывод из эксплуатации остановленных блоков АЭС

Для получения лицензии на вывод уже остановленных 1 и 2 блоков НВАЭС из эксплуатации выполняются следующие работы:

- удаление ОЯТ из бассейнов выдержки и перевод блоков в ядерно-безопасное состояние;

- разработка проекта первого этапа вывода из эксплуатации блока № 1 НВАЭС «Подготовка блока к сохранению под наблюдением»;

- проведение комплексного обследования блоков;

- разработка комплекта документации для получения лицензии ГАН РФ на эксплуатацию остановленных 1 и 2 блоков НВАЭС.

5. В рамках разработки оборудования и технологий для вывода энергоблоков АЭС из эксплуатации ведутся работы по созданию

- металлобетонного контейнера (МБК) для долговременного хранения и транспортировки ОЯТ РБМК;
- оборудования установки разделки ОТВС РБМК включая создание стендов для отработки технологии и испытания оборудования;
- созданию технологии обращения с реакторным графитом.

6. Работа с персоналом

После окончательного останова блока АЭС начиная с этапа подготовки к выводу из эксплуатации численность эксплуатационного персонала, обслуживающего блок, должна постоянно снижаться и к началу работ по выводу из эксплуатации должна достигнуть минимального значения. Это необходимо для снижения эксплуатационных издержек на содержание остановленного блока.

В настоящее время в соответствии с решением концерна «Росэнергоатом» на остановленных блоках Белоярской и Нововоронежской АЭС проводятся работы по снижению эксплуатационных издержек обслуживания остановленных блоков и оптимизации численности эксплуатационного и ремонтного персонала.

В последующем полученный опыт будет использован для нормирования эксплуатационных издержек и численности эксплуатационного персонала для окончательно остановленных блоков.

В настоящее время начаты работы по созданию системы требований к специализации, квалификации и переобучению персонала для вывода из эксплуатации блоков АЭС.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА ОСТАНОВЛЕННЫХ БЛОКАХ

Белоярская АЭС (блоки 1 и 2). Работы на 1 и 2 блоках проводятся в соответствии с утвержденной «Программой вывода из эксплуатации 1 и 2 блоков Белоярской АЭС».

Основное внимание при планировании и проведении работ на остановленных блоках уделяется обращению с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами. Для обеспечения безопасного содержания блоков в режиме их подготовки к выводу из эксплуатации выполняется

- ремонтно-эксплуатационное обслуживание первой очереди БАЭС в соответствии с регламентом эксплуатации и графиками ремонта;
- расчетно-теоретическое и экспериментальное обоснования перевода ОЯТ первой очереди БАЭС на длительное сухое хранение.

Одновременно на блоках

- осуществляется упаковка ОЯТ 1- 2 блоков БАЭС в опытный герметичный пенал;
- на специальной установке для снижения удельной активности производится очистка вод бассейнов выдержки ОЯТ;
- проводятся работы по переработке и компактированию загрязненного металлического лома из помещений первой очереди БАЭС;
- реализуется проект герметизации реакторного пространства блока №1 БАЭС;
- осуществляется создание:
 - опытного образца контейнера для транспортировки и длительного хранения ОЯТ 1, 2 блоков Белоярской АЭС;
 - площадки хранения контейнеров с ОТВС первой очереди БАЭС и транспортно-технологической части вывоза контейнеров;
 - хранилища отвержденных радиоактивных отходов, оснащенного установкой

Таблица 1

Сроки истечения 30-летнего срока эксплуатации энергоблоков АЭС

	Атомная электростанция, блок	Тип реактора, установленная мощность, МВт	Год пуска	Год окончания 30-летнего периода
1.	1 блок БелАЭС	АМБ-100	1964	1983 (1994)*
2.	1 блок НВАЭС	ВВЭР-210	1964	1984 (1994)*
3.	2 блок БелАЭС	АМБ-200	1967	1989 (1997)*
4.	2 блок НВАЭС	ВВЭР-365	1969	1990 (1999)*
5.	3 блок НВАЭС	ВВЭР-440	1971	2001
6.	4 блок НВАЭС	ВВЭР-440	1972	2002
7.	1 блок КолАЭС	ВВЭР-440	1973	2003
8.	1 блок ЛАЭС	РБМК-1000	1973	2003
9.	1 блок БиАЭС	ЭГП -12	1974	2004
10.	2 блок БиАЭС	ЭГП-12	1974	2004
11.	2 блок КолАЭС	ВВЭР-440	1974	2004
12.	3 блок БиАЭС	ЭГП -12	1975	2005
13.	2 блок ЛАЭС	РБМК-1000	1975	2005
14.	4 блок БиАЭС	ЭГП -12	1976	2005
15.	1 блок КуАЭС	РБМК-1000	1976	2005
16.	3 блок ЛАЭС	РБМК-1000	1979	2009
17.	2 блок КуАЭС	РБМК-1000	1979	2009
18.	5 блок НВАЭС	ВВЭР-1000	1980	2010
19.	3 блок БелАЭС	БН-600	1980	2010
20.	3 блок КолАЭС	ВВЭР-440	1981	2011
21.	4 блок ЛАЭС	РБМК-1000	1981	2011
22.	1 блок СмАЭС	РБМК-1000	1982	2012
23.	3 блок КуАЭС	РБМК-1000	1983	2013
24.	4 блок КолАЭС	ВВЭР-440	1984	2014
25.	1 блок КаАЭС	ВВЭР-1000	1984	2014
26.	1 блок БалАЭС	ВВЭР-1000	1985	2015
27.	2 блок СмАЭС	РБМК-1000	1985	2015
28.	4 блок КуАЭС	РБМК-1000	1985	2015
29.	2 блок КаАЭС	ВВЭР-1000	1986	2016
30.	2 блок БалАЭС	ВВЭР-1000	1987	2017
31.	3 блок БалАЭС	ВВЭР-1000	1988	2018
32.	3 блок СмАЭС	РБМК-1000	1990	2020
33.	4 блок БалАЭС	ВВЭР-1000	1994	2024

*) – блоки окончательно остановлены

цементирования для обращения с ЖРО 1, 2 блоков БАЭС;

- установки дезактивации металлических отходов 1, 2 блоков БАЭС.

Нововоронежская АЭС (блоки 1 и 2). Работы на 1 и 2 блоках проводятся в соответствии с утвержденной «Программой вывода из эксплуатации 1 и 2 блоков Нововоронежской АЭС».

Основное внимание при планировании и проведении работ на остановленных блоках уделяется обращению с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными

отходами. Для обеспечения безопасного содержания блоков в режиме их подготовки к выводу из эксплуатации

- выполняется ремонтно-эксплуатационное обслуживание 1, 2 блоков НВАЭС в соответствии с регламентом эксплуатации и графиками ремонта.
- в 2000 г. завершен вывоз всех герметичных ОТВС с 1 и 2 блоков, в 2002 г. ожидается упаковка в специальные чехлы и вывоз 44 негерметичных ОТВС;
- выполняется демонтаж оборудования машзала 1 блока НВАЭС, завершен демонтаж турбинных агрегатов ТА-2 и ТА-3;
- проводятся работы по дезактивации оборудования 1, 2 блоков и переработке радиоактивных отходов;
- подготавливаются помещения 1 и 2 блоков для размещения переработанных РАО;
- разрабатывается проект первого этапа вывода из эксплуатации;
- создается установка сжигания РАО.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

АЭС являются не только градообразующими, но и системообразующими производствами, поэтому изменения в их деятельности, в том числе связанные с окончательным остановом и выводом из эксплуатации блока АЭС или площадки в целом, будут сильно влиять на социально-экономическую обстановку региона. Эти проблемы возникают уже сейчас при подготовке программ вывода из эксплуатации блоков АЭС, тридцатилетний срок службы которых подходит к завершению. На наш взгляд, возможное решение возникающей проблемы лежит в создании системы управления сроком службы площадки АЭС, которая является структурной единицей, производящей товарную продукцию и услуги, определяемые потребностями региона. В этом случае все этапы жизненного цикла (строительство, эксплуатация, вывод из эксплуатации) блоков АЭС, размещенных на площадке, имеют общую направленность на поддержание определенного уровня производства продукции и рентабельности.

В условиях долгосрочного планирования деятельности площадки АЭС появляется возможность прогнозирования возникновения социально-экономических проблем и способов их решения.

Поступила в редакцию 1.03.2002

ABSTRACTS OF THE PAPERS

УДК 621.039.568.007.4

Analysis of Influence of Layout of NPP Control Room Displays on Efficiency of Information Perception \ A.N. Anokhin, E.N. Alontseva; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering). - Obninsk, 2002. - 9 pages, 2 tables, 2 illustrations. - References, 8 titles.

The purpose of presented research is to carry out an experimental comparison of duration and reliability of perception of displays ordered under some layout principles. The following layout principles were studied: ordered by display's form, ordered by functional assignment, disordered, disordered and accentuated, shared and presented by one after another. 135 participants (students and post-graduate students of the INPE) took part in experiments. The following main conclusions were drawn. High reliability and large duration of perception are resulted from shared layout. The quickness of perception of graphical accentuated displays decreases on about third in comparison with unaccentuated ones. The disordered layout result to extremely low correctness. The functional layout isn't effectual under deficiency of knowledge about problem area. Horizontally ordered layout is preferable beside vertically ordered displays. During perception participants read about half of all information in ordered layout and above 70 percent of all information in disordered layout

УДК 621.039.58

Date Accidents Analysis of WWR-c reactor \ O.Y. Kochnov, Y.V. Volkov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering). - Obninsk, 2002. - 9 pages, 1 table, 8 illustrations. - References, 6 titles.

The operation protective system analyze of WWR-c (Obninsk) was presented in this article since reactor start up (1964). The accident reasons was considered. The conclusion about increasing safety exploitation of research reactor was done.

УДК 621.039

Decommissioning of NPP Units: Conception; State of Execution \ S.A. Nemytov, V.K. Zimin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering). - Obninsk, 2002. - 7 pages, 1 table.

The paper is devoted to actual problem of decommissioning of NPP units. The basic concepts, normative documents, stages of process and its feature are considered.

УДК 539.173.84

On the problem of the effective multiplication factor determination using statistical pulse methods \ V.A. Doulin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering). - Obninsk, 2002. - 5 pages. - References, 5 titles.

The approach for taking in account the detector position influence on the measured decay neutron density coefficient and other point kinetic parameters by using the pulse neutron source experiments in the multiplying subcritical media is proposed.

Instead the adjoint homogeneous equation (relative the asymptotic power) here is used the adjoint inhomogeneous equation (relative the such detector count rate). The obtained results may be useful by the neutron life time measurements analyses and the spatial correction factor calculation by the effective multiplication factor determination using Rossi-alfa methods – for the low multiplying subcritical media with neutron source especially.

УДК 621.039.54

General Study Statement on Thermomechanical Behaviour of the WWER-1000 Reactor Core \ V.M. Troyanov, Y.U. Likhachev, V.I. Folomeev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering). - Obninsk, 2002. - 11 pages, 3 illustrations. - References, 14 titles.

The paper reviews general study statement on thermomechanical behaviour of the WWER-1000