

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ СОФИЯ



Доклад

ИЗВЕЖДАНЕ ОТ ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА ЯДРЕНИ СЪОРЪЖЕНИЯ

Студент:

Алекс Ивов Иванов

Факултетен №: 041211020

Топло- и ядрена енергетика

София, Март 2014 г.

Съдържание

1. Въведение	2
2. Предварителна концепция за извеждане от експлоатация	2
3. Определяне на източниците за радиоактивност в реактора	3
4. Източници на радиоактивност	4
5. Радиоактивни отпадъци в процеса на извеждане от експлоатация	6
6. Радиационна защита	8
7. Подготвителни дейности	9
8. Система за радиационен контрол	10
9. Управление на радиоактивните отпадъци (РАО)	11
Фиг.1 Етапи на управление на РАО 1	11
10. Основни дейности след прекратяване на експлоатацията	12
11. Дейности при извеждане от експлоатация (ИЕ)	14
12. Системи и съоръжения за извеждане от експлоатация	15
13. Библиография	17

1. Въведение

Извеждането от експлоатация е естествен етап от жизнения цикъл на всяко ядрено съоръжение. Основната цел при извеждането от експлоатация на ядрените съоръжения е осигуряването на безопасността и радиационната защита на персонала, населението и околната среда. Осигуряването на безопасността на ядрените съоръжения се регламентира с правила и норми както в национален, така и в международен мащаб. В съответствие с изискванията и на другите нормативни документи още на етапа на проектиране на ядрените съоръжения и в периода на нормална експлоатация трябва да има разработени предварителна концепция и планове за извеждане от експлоатация на тези съоръжения, които се актуализират и представят за съгласуване от регулиращия орган периодично, през период от време не по-голям от 10 години.

За осигуряването на безопасността и радиационната защита на персонала, населението и околната среда при извеждането от експлоатация е необходимо идентифицирането на основните радиоактивни източници и определянето на техните характеристики. По този начин се създава една надеждна база данни и информация за физичните и химични характеристики, количеството, типа и разпределението на радионуклидите в ядрения реактор, които ще се използват при планирането и реализирането на дейностите по извеждането от експлоатация и при оценката на различните варианти на извеждане от експлоатация и техните последици за персонала, населението и околната среда.

2. Предварителна концепция за извеждане от експлоатация

Началната концепция и план разглеждат и обосновават техническите мерки и решения, улесняващи дейностите по извеждане от експлоатация, като:

- Подходящо разположение на конструкциите, системите и компонентите на ядреното съоръжение при отчитане на възможностите за улеснен демонтаж и транспортиране на едрогабаритните и други компоненти;
- Подходящо разположение на съоръженията за дезактивация, манипулиране и демонтаж на радиоактивните компоненти;
- Подбор на материали и проектиране на конструкции, системи и компоненти, осигуряващи улеснена дезактивация, при възможен минимум на радиоактивно замърсяване и разпространение на радиоактивни продукти;

- Минимизиране на количествата получени радиоактивни отпадъци при извеждане от експлоатация.

В изпълнение на изискванията през периода на нормална експлоатация притежателят на разрешението за експлоатация разработва междинна концепция и план за извеждане от експлоатация на съоръжението. Последните включват и се основават на:

- Отчитане на актуалното състояние, реални работни характеристики и данни за системите и съоръженията през изтеклия период на нормална експлоатация;
- Изменения, развитие и модернизации на технологиите и съоръженията;
- Отчетените и документирани реални данни и характеристики за системите и съоръженията, свързани с извеждане от експлоатация;
- Натрупания опит при извеждане от експлоатация на ядрени съоръжения и др.

Разработването на междинната концепция и план въз основа на реални данни и експлоатационен опит ще постави планирането за ИЕ на реактора на необходимите реални основи. Отчитането и сравнението на проектните данни и показатели, приети в ред случаи обосновано и консервативно, с данните и показателите, получени при реалната експлоатация на системите и съоръженията ще внесат необходимата яснота и уточнения по редица от въпросите, свързани с извеждане от експлоатация, като: радиационно замърсяване на съоръженията и отделните им компоненти и ефективността на проектно предвидените методи и технологии за дезактивация, степен на дезактивацията, характеристики за естественото понижаване на радиоактивността във времето на различни съоръжения, компоненти, материали и др.

3. Определяне на източниците за радиоактивност в реактора

Основната цел при извеждането от експлоатация на ядрените съоръжения е осигуряването на безопасността и радиационната защита на персонала, населението и околната среда. Ето защо е необходимо идентифицирането на основните радиоактивни източници на излъчване в реактора и определянето на техните характеристики.

Целта на определянето на радиологичните характеристики на източниците е да се създаде една надеждна база данни и информация за физичните и химични характеристики, количеството, типа и разпределението на радионуклидите в ядрения

Извеждане на експлоатация на ядрени съоръжения

Доклад

реактор. Натрупаните данни ще се използват при оценката на различните варианти на извеждане от експлоатация и техните последствия за персонала, населението и околната среда.

Данните за радиоактивните източници директно влияят върху планирането на дейностите по извеждането от експлоатация, включително план-графика, изискванията за човешките ресурси и по специално за определяне на дозовото натоварване на персонала, който ще извършва определени дейности в най замърсената зона в рамките на този процес. Освен това тези данни ще позволят да се определи състава и активността на опасните отпадъци, които се генерират при извеждането от експлоатация.

Данните за радиоактивните източници са необходими и за определяне на дозовото натоварване на персонала и за контрол на спазването на принципа ALARA на различните етапи на извеждането от експлоатация т.е те ще позволят да се определи времето за започване на дейностите по демонтажа на основните съоръжение и системи.

Тези данни осигуряват добра основа за определяне на различните методи за извършване на дезактивацията и респективно оценка на обема и количествата на отпадъците, които се генерират в рамките на процеса по извеждане от експлоатация и прогнозиране на количествата на различните категории отпадъци, които ще бъдат съхранявани или погребвани.

Видът и концентрацията на радионуклидите в замърсените или активираните материали в реактора директно влияят на избора на методите за преработване, опаковане и защита при транспортирането и съхраняването на радиоактивните отпадъци. Освен това тези данни ще позволят определянето на дозовото натоварване на населението и околната среда при транспортирането и съхраняването на отпадъците, а така също и при изпълняване на дейностите по извеждането от експлоатация.

4. Източници на радиоактивност

Нивото на радиоактивност на технологичните съоръжения на реактора се определят от типа на радиоактивните изотопи и източниците на облъчване и те са изключително важни за определяне на радиологичния статус в помещенията на реактора, дозите на облъчване на персонала и определяне на количествата и категорията на радиоактивни отпадъци, които ще се генерират при извеждането от експлоатация.

Основните пътища на замърсяване на съоръженията и помещенията в реактора, чрез активирани продукти на корозия или продукти на делене, са:

- Неплътности на основните съоръжения на контура за охлаждане на реактора;
- Транспортиране на радиоактивни материали;
- При манипулации с горивото на реактора;
- При ремонт на радиоактивно замърсени съоръжения.

Основните източници на радиоактивно замърсяване на реактора в процеса на извеждане от експлоатация могат да се разделят на две групи:

- Радиоактивност, индуцирана чрез неутронна активация на определени елементи, разположени в реакторния корпус и структурите, разположени около корпуса на реактора;
- Радиоактивни елементи, отлагащи се на вътрешните и външни повърхности на съоръженията и системите във вид на замърсяване.

В съответствие с предложената стратегия за извеждане от експлоатация, преди започване на дейностите по извеждане от експлоатация, ядреното гориво и топлоносителя на първи контур ще бъдат отстранени от реактора, обаче в някои случаи част от тези материали остават и трябва да се включат в инвентаризацията на радиоактивните източници.

Основните съоръжения, източници на радиоактивност, които трябва да се разглеждат при извеждането от експлоатация са:

- Корпуса на реактора и вътрешнореакторните устройства;
- Съоръженията и системите от контура за охлаждане на реактора;
- Хоризонтални и вертикални експериментални канали и канал за неутронна терапия;
- Съоръженията за преработване на радиоактивните отпадъци в процеса на нормална експлоатация и при извеждането от експлоатация - СВО;
- Шахтохранилището за отлежаване на касетите;
- Съоръженията за съхраняване на течни и твърди радиоактивни отпадъци в процеса на експлоатация на реактора, разположени на площадката на реактора.

Радиоактивното замърсяване на вътрешната повърхност на реакторната система се предизвиква от отлагане от топлоносителя на реактора на неутронно активирани продукти, разтворени елементи в топлоносителя и/или продукти на делене и то в случай, че е възникнало разхерметизиране на обвивката на някой топлоотделящ елемент.

Извеждане на експлоатация на ядрени съоръжения

Доклад

В съответствие с радиоактивността на материалите при извеждане от експлоатация може да бъде в една от следните форми:

- Неутронно активирани материали, които основно се намират в корпуса на реактора и определят общата радиоактивност на материалите при извеждане от експлоатация;
- Замърсяване на повърхността, което означава отлагане на радионуклиди върху нея. Чрез провеждане на дезактивация на тези повърхности радиоактивните нуклиди преминават във вторичните радиоактивни отпадъци, следователно общия обем на радиоактивните материали се намалява значително.

5. Радиоактивни отпадъци в процеса на извеждане от експлоатация

По време на нормалната експлоатация на реактора се генерират три типа радиоактивни отпадъци - газообразни, течни и твърди.

Газовите и аерозолни радиоактивни отпадъци възникват в процеса на работа на реактора вследствие на активацията на въздуха от над водното пространство. Очистването на въздуха от помещенията се извършва чрез вентилационна система чрез специални филтри, които периодично се подменят. Газообразните радиоактивни отпадъци се изхвърлят през вентилационна тръба. Процесът на изхвърляне се съпровожда с непрекъснат дозиметричен контрол и е предвидено аварийно спиране на реактора при превишаване на допустимата концентрация на контролираните радионуклиди.

Течните радиоактивни отпадъци се получават от експлоатацията на реактора, от научно изследователската дейност и производството на изотопи. Към течните радиоактивни отпадъци се отнасят:

- Водите от шахтохранилището на реактора и първи циркуляционен кръг;
- Отработените йонообменни смоли;
- Радиоактивни течности от производството на изотопи;

Течните радиоактивни отпадъци се събират и отлежават в два броя монжуси по 1 m³ всеки. В тях радиоактивните отпадъци отлежават около 2 години до достигане на допустими нива на активност, след което се прехвърлят в отстойниците.

В отстойниците (с обем 150 m³ всеки, разположени на 6 m дълбочина, изградени от железобетон, с облицовка от неръждаема стомана от вътрешната страна) течните РАО престояват до достигане на установените норми по активност за повърхностни води.

Течните радиоактивни отпадъци в зависимост от специфичната си активност се разделят на три групи както следва:

- Ниско активни;
- Средно активни;
- Високо активни;

Към твърдите радиоактивни отпадъци се отнасят:

- Детайли от оборудването на реактора, снети от експлоатация (оборудване на вертикалните и хоризонтални канали, филтри, помпи и др.);
- Радиоактивно замърсени инструменти, прибори, изразходвани материали, специално работно облекло и обувки, лични предпазни средства;
- Твърди радиоактивни отпадъци, възникнали при преработката на газообразни и течни РАО;
- Радиоактивни материали и вещества, получени като резултат от научно-изследователската дейност;
- Бракувани ИЙЛ.

Твърдите отпадъци се събират в двойни полиетиленови торби и се поставят в специални метални кофи за радиоактивни отпадъци. Твърдите се транспортират и се съхраняват в постоянно хранилище за РАО.

Твърдите радиоактивни отпадъци се разделят на три категории в зависимост от мощността на еквивалентната доза гама-лъчение на разстояние 0.1 m от повърхността на отпадъците. Освен това те се разделят в различни групи и в зависимост от това каква функция са изпълнявали в реакторното съоръжение и дали имат индуцирана активност или са повърхностно замърсени.

Твърдите отпадъци се категоризират като радиоактивни отпадъци ако:

1. Ако гама дозата на 0.1 m от повърхността на отпадъка е над 1 μ Sv/h;
2. Бета активността е над 7.E+4 Bq/kg;
3. Алфа активността е над 7.E+3 Bq/kg;
4. Гама активността е над 50 Gr.m².

В зависимост от специфичната активност, твърдите РАО се категоризират като:

Извеждане на експлоатация на ядрени съоръжения

Доклад

- категория 1 – преходни РАО, които могат да бъдат освободени от контрол след определен период от време;
- категория 2 – ниско- и средноактивни отпадъци;
- категория 3 – високоактивни отпадъци.

Известно е, че основната част от активираните материали е съсредоточена в активната зона и разположените до нея реакторни детайли. Следователно отпадъците от трета категория ще се получат от корпуса на реактора, оловния екран, йонизационните камери, управляващите пръти, долната част на вертикалните канали и тази част от хоризонталните, които са в близост до активната зона. Освен това към РАО от трета категория се включват и неутронната запалка и източниците на йонизиращи лъчения.

6. Радиационна защита

Концепцията и изискванията за радиационна защита в ядрени съоръжения има две основни задачи:

- Понижаване и поддържане на нивото на облъчване на персонала и населението до такова ниво, което е технически обосновано и икономически приемливо т.е. спазване на принципа ALARA;
- Създаване и поддръжка на ефективна система за радиационен контрол, позволяваща оперативно отчитане и регистрация на изменението на различните параметри на радиационната обстановка и осигуряваща възможност за обективна оценка на нивата на облъчване на персонала, населението, околната среда. На тази база, се предприемат съответни мероприятия по намаляване и поддържане на дозите в зададени граници и при необходимост за нормализиране на радиационната обстановка.

Съгласно основните норми, осигуряващи радиационната защита на персонала и населението са както следва:

- При нормална експлоатация годишната ефективна доза за кое да е лице от населението не трябва да превишава 0.25 mSv, погълнатата доза за щитовидната жлеза да не превишава 0.75 mGy и еквивалентната доза за всеки друг орган да не превишава 0.25 mSv, като резултат от облъчване при експлоатация на съоръжението, при планирани изхвърляния в околната среда и при дейностите, свързани с ядрено горивния цикъл в района на площадката на съоръжението;

- При проектни аварии прогнозируемите максимални индивидуални дози за лице от населението на границата на зоната за превантивни защитни мерки са: 50 mSv за първата година след аварията и погълната доза 150 mGy за щитовидната жлеза;
- При надпроектни аварии прогнозируемите максимални индивидуални дози за лице от населението на границата на зоната за неотложни защитни мерки са: 5 mSv за първата година след аварията и погълната доза 50 mGy за щитовидната жлеза.

7. Подготвителни дейности

Дейности по подготовка на извеждането от експлоатация обхващат всички инженерингови, проектно-технически и административни подготвителни работи, които трябва да бъдат проведени преди започване на дейностите в зоните с повишени нива на радиоактивност и включват:

- Създаване на дозиметрични карти;
- Провеждане на компютърни симулации на дейностите, които трябва да се извършат в зоните чрез специално разработени за целта компютърни програми. Тези симулации дават възможност, да се предвидят дейностите, пораждащи сравнително високи индивидуални и колективни дози на облъчване;
- Оценяване на нуждите от прилагане на защитни мерки за намаляване на околния фон: дезактивация, инсталиране на подвижни екрани, използване на допълнителни съоръжения, дистанционно управляемо оборудване, допълнителни вентилационни съоръжения и др. Разходите за тези защитни мерки се компенсират от ползата от намаляването на индивидуалните и колективни дози на облъчване (анализ на икономическата ефективност). Защитните мерки трябва да се основават на доказани ефективни технологии;
- Анализ на опита, извлечен от предишни подобни дейности;
- Точно определяне на дейностите и процедурите в зоните с повишени нива на йонизиращи лъчения;
- Инструктажи и обучение на персонала, планирани тренировки;
- Лист за проверка на специалните средства за радиационен контрол и оборудване за радиационна защита;

Извеждане на експлоатация на ядрени съоръжения

Доклад

- Точен списък на оборудването, което подлежи на дезактивация/демонтаж и процедури за изпълнение на дейностите.

Дейностите по събиране, сортиране, преработване и транспортиране на отпадъците получени от:

- Дезактивация на ШПР,
- Дезактивация на БАП, БОК и на стелажите за отработено гориво;
- От почистването/отстраняването на утайките, отложени по пода на БАП, БОК;
- От пълното дрениране на БОК и на БАП;
- Премахването на термоизолацията, като се очаква значителна част от нея да е радиоактивна;
- Дренажите на спец пералнята/банята;
- Изразходваните разтвори за почистване на пода;
- Отстраняване/подмяна на вентилационните филтри;
- Дезактивацията или премахването на някои "горещи точки", които може да доведат до високо облъчване на персонала или при подготовката, или при експлоатацията на БС;
- Демонтиране на оборудване и апаратура, намиращи се на границата на изолираните замърсени контури, чиято цялост не може да се гарантира за периода на БС;
- Радиационни отпадъци от операции на почистване/дезактивация

8. Система за радиационен контрол

Системата за радиационен контрол е комплекс от техническа апаратура и организационни мерки (правила, ред, методика и т.н.) за осъществяване на радиационен контрол, отчитане и документиране в границите на контролираната зона, санитарно-защитната зона и зоната за наблюдение.

Отделните подсистеми на радиационния контрол осигуряват:

- Радиационен технологичен контрол;
- Радиационен дозиметричен контрол;
- Радиационен контрол на околната среда;
- Контрол за недопускане на разпространение на радиоактивни замърсявания.

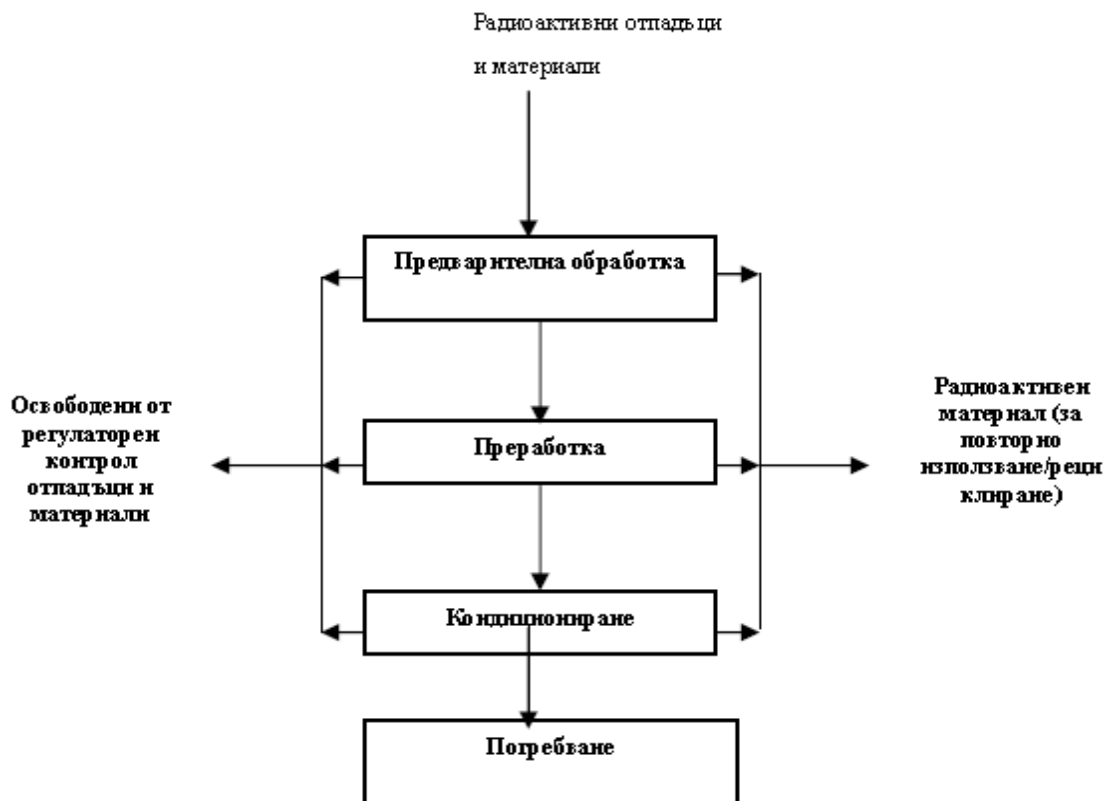
9. Управление на радиоактивните отпадъци (РАО)

Един от важните фактори, определящи избора на вариант за извеждане от експлоатация на ядрените съоръжения е управлението на РАО.

Този процес включва следните етапи:

- Предварителна обработка;
- Обработка;
- Кондициониране;
- Погребване;

Фиг.1 Етапи на управление на РАО 1



Получените при извеждане от експлоатация на реактора основно нискоактивни РАО могат да бъдат складирани за съхранение в съответните хранилища.

Предварителната обработка има за цел намаляване на количеството на радиоактивните отпадъци подлежащи на обработка. Предварителната обработка на РАО включва основните операции като:

- Събиране
- Разделяне

Извеждане на експлоатация на ядрени съоръжения

Доклад

- Регулиране на химическия състав
- Дезактивация

Най-често използваните методи за обработка на твърди РАО:

- Изгаряне
- Пресоване
- Претопяване

Преработването на РАО има за цел осигуряване на безопасност и/или намаляване на разходите свързани с управление на отпадъците, чрез промяна на характеристиките на РАО. Видове преработка на РАО:

- Намаляване на обема;
- Отстраняване на радионуклидите на отпадъците;
- Промяна на състава;

Кондициониране на РАО е получаване на отпадъци в твърда форма, съответстващи на избрания вариант на погребване, транспортиране или съхранение. Видове кондициониране:

- Фиксиране на РАО
- Опаковка на РАО

При подготовката(кондиционирането) на РАО се използват следните методи:

- Битумиране
- Включване в полимери
- Циментиране
- Остъкляване

Погребването е последната фаза от управлението на РАО и има за цел поставянето им в съоръжения за продължително съхранение, дългосрочно наблюдение и техническо обслужване.

10. Основни дейности след прекратяване на експлоатацията

Преди да започне основният процес по извеждане от експлоатация на реактора трябва да се извършат определени групи дейности, наречени “дейности преди извеждане на ядреното съоръжение от експлоатация”, които целят да се определи действителното състояние на реактора и на неговите системи. Тези дейности включват:

- Изваждане на горивото от активната зона на реактора и поставянето му в шахтохранилището;
- Поддръжка и техническо обслужване на реакторна сграда, други сгради и останалите необходими системи за процесите на извеждане от експлоатация;
- Осигуряване на система за физическа защита с цел осигуряване на контрол на останалите радиоактивни вещества в периода на демонтажа;
- Извършване на периодичен радиационен мониторинг на площадката на реактора;
- Отстраняване и преработване на течните радиоактивни отпадъци и други активирани и замърсени материали;
- Освобождаване от контрол на материали и съоръжения с активност под допустимата граница
- Преглед на състоянието на съществуващите строителни конструкции на реактора с цел да се потвърди, че тези конструкции ще гарантират безопасността при извършване на дейностите при извеждане от експлоатация на реактора;
- Определяне на количествата, видовете, изотопния състав и активността на наличните РАО на площадката на реактора;

Други дейности, които трябва да се извършат преди започване по извеждане от експлоатация:

- Създаване на системи за управление на проекта и безопасността при извеждането от експлоатация;
- Дефиниране на определените видове дейности, които се изискват за подпомагане и обезпечаване на процеса по извеждане от експлоатация;
- Подготвяне на необходимите лицензионни документи и представяне на регулиращия орган за получаване на съответно разрешение за започване на планираните дейности по извеждането от експлоатация;
- Представяне на данни от историята на експлоатация на реактора, свързани с извеждането от експлоатация;
- Подробно планиране на всички видове дейности при извеждането от експлоатация на реактора;
- Изготвяне на списък на системите, съоръженията и помещенията, които ще подлежат на дезактивация и демонтаж в процеса на извеждане от експлоатация;
- Избор на процес за дезактивация на съоръженията и системите и оценка на очакваните количества РАО (по тип, обем и специфична активност);

Извеждане на експлоатация на ядрени съоръжения

Доклад

- Определяне на изотопния състав и активността на радионуклидите в отделните охладителни кръгове и в другите основни съоръжения на реактора;
- Определяне на количествата, вида, изотопния състав и активността на наличните РАО на площадката на реактора.

11. Дейности при извеждане от експлоатация (ИЕ)

Основните дейности, които трябва да се извършат през периода на извеждане от експлоатация са:

- Изваждане на горивото от активната зона на реактора след окончателно спиране на реактора и поставянето му в шахтохранилището;
- Отстраняване от реактора и площадката на ядреното гориво, неутронните и други радиоактивни източници и транспортирането им до хранилищата или за преработка или за използване в други инсталации;
- Дрениране и отстраняване на радиоактивния топлоносител от съоръженията и технологичните системи, провеждане на дезактивация на тези съоръжения и системи и на строителните конструкции;
- Преработване и кондициониране на остатъчни течни и твърди РАО, генерирани в процеса на нормална експлоатация и при извеждане от експлоатация;
- Очистване на системите и съоръженията от потенциално опасни вещества като горими и химически опасни материали, токсични вещества, масла и други, които няма да се използват в процеса на извеждане от експлоатация и тяхното отстраняване;
- Провеждане на комплексно инженерно и радиационно обследване на основните съоръжения и строителните конструкции на изследователския реактор предвид дейностите по ИЕ и оценка на възможностите за повторна употреба;
- Контрол, дезактивация и демонтаж на системи и съоръжения, които не се предвижда да бъдат използвани;
- Отстраняване на механизмите за задвижване на РО, резервоара на реактора, ВКУ, графитовите блокове и стоманената защита;
- След отстраняване на алуминиевия и стоманения резервоар на реактора размерите им се редуцират и се пакетират;

- Стоманената защита в биологичната защита се реже и се пакетира като ниско активни радиационни отпадъци;
- Отстранява се бетона на биологичната защита и фундамента като се разбива и се изхвърля като твърд нерадиокативен отпадък;
- Демонтаж и отстраняване на съоръженията от втори циркуляционен кръг (тръбопроводи, помпи и др.)
- Редуциране на нормалното и аварийно електрозахранване;
- Разрушаване на строителните конструкции;
- Измервания за освобождаване от контрол и освобождаване от контрол на отпадъците;
- Опаковане и транспортиране на генерираните ниско активни РАО до хранилището за погребване на ниско и средно активни РАО.

12. Системи и съоръжения за извеждане от експлоатация

За реализиране на дейности по извеждане от експлоатация е необходимо определени системи и съоръжения да останат временно в експлоатация до приключване на дейностите по извеждане от експлоатация. Това са преди всичко вентилационни и други спомагателни системи и системи, осъществяващи радиационен контрол и контрол на околната среда.

Системите, които трябва да останат в експлоатация до завършване на дейностите по извеждане от експлоатация на съоръжението са:

- Система за питейно водоснабдяване на реактора;
- Система за горещо водоснабдяване;
- Системи специална канализация и отпадни води. Системата осигурява събирането на трапните води възникнали при дезактивацията както и контрола им. Трапните води ще се пренасочват към мобилен резервоар за радио химичен анализ. В случай, че се удовлетворяват граничните стойности за изхвърляне в околната среда, водите ще се изхвърлят, като дебалансни. В противен случай водите се изпращат към мобилна или друга установка за преработка като радиоактивни отпадъци;

Извеждане на експлоатация на ядрени съоръжения

Доклад

- Част от вентилационните системи ще останат в работа за осигуряване на безопасна работа на персонала при демонтажа и дезактивацията на съоръженията (отвеждане на аерозолите и газовете, осигуряване на вентилирането и температурния режим в помещенията) в зависимост от уточнените технологии и плана за ИЕ е възможно монтиране на допълнителни локални вентилационни съоръжения;
- Система за контрол на подпочвените води. Чистотата на подпочвените води ще се контролира с вземане на проби от сондажни кладенци, както по време на нормална експлоатация на съоръжението така и при извеждане от експлоатация;
- Система за стационарен дозиметричен контрол;
- Система за външен радиационен контрол. Тази система обслужва понастоящем цялата площадка и трябва да бъде поддържана и съхранена след окончателното ИЕ на всички съоръжения на нея и в зависимост от по-нататъшното използване на площадката;
- Дозиметричен контрол с преносими дозиметрични прибори;
- Индивидуален дозиметричен контрол;
- Системата за контрол на околната среда;
- Противопожарна система.

Важен момент за успешно реализиране на дейностите по извеждане от експлоатация на ядрените съоръжения е наличието на изградени хранилища за окончателно погребване на ниско, средно и високо активни РАО.

Библиография

1. Анализ на възможностите и вариантите за реконструкция, замразяване или извеждане от експлоатация на изследователския реактор ИРТ-2000, Енергопроект-ЕАД, 1998 г.
2. Доклад за бъдещето на изследователския реактор, БАН-ИЯИЯЕ, 2001 г.
3. Извеждане от експлоатация на 1 и 2 блокове на АЕЦ “Козлодуй”, Предпроектно проучване, ДЕКОМ, София, Декември, 1995 г.
4. PHARE PROJECT No. PHARE/BG/TSO/VVER/04: “Assistance to BNSA in the Development of Requirements and procedures for Decommissioning Kozloduy NPP units 1 and 2”, Task 3.3 Radiological Status of Kozloduy NPP and Site, Report, Rev. 3, European Consortium (ANPA, AEA Technology, AVN), Energoproekt-plc, October, 1999.
5. PHARE PROJECT No. PHARE/BG/TSO/VVER/04: “Assistance to BNSA in the Development of Requirements and procedures for Decommissioning Kozloduy NPP units 1 and 2”, Task 4.2 Basic technical documentation for licensing the Decommissioning to be provided to BNSA, Report, Rev. 3, European Consortium (ANPA, AEA Technology, AVN), Energoproekt-plc, December, 1999.
6. Препоръчана радиологична защита при рециклирането на металите от демонтажа на ядрените инсталации, Европейска комисия, Радиационна защита 89, 1998 г.
7. Технически проект за реконструкция на изследователския реактор ИРТ-2000, Атомененергопроект-ООД, Октомври, 2003г.
8. Демонтаж на ИРТ-2000 и монтаж на ИРТ-5000. Машинно монтажна част, ТИД за РПП, Енергопроект, 1986 г.