

**ЕВРОПЕЙСКИ “СТРЕС ТЕСТОВЕ”**

**Национален доклад  
за напредъка на България**

**АЕЦ Козлодуй**

**Агенция за ядрено регулиране**

**Септември 2011**



## СЪДЪРЖАНИЕ

<b>СЪДЪРЖАНИЕ</b> .....	<b>2</b>
<b>СПИСЪК НА ТАБЛИЦИТЕ</b> .....	<b>5</b>
<b>СПИСЪК НА СЪКРАЩЕНИЯТА</b> .....	<b>6</b>
<b>ВЪВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>10</b>
<b>1 ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ</b> .....	<b>11</b>
1.1 ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА СТРЕС ТЕСТОВЕТЕ.....	11
1.2 ОБХВАТ НА СТРЕС ТЕСТОВЕТЕ .....	12
1.2.1 Ядрени съоръжения, обхванати от стрес тестовете.....	12
1.2.2 Сценарии, обхванати от стрес тестовете. ....	12
1.2.2.1 Изходни събития .....	12
1.2.2.2 Загуба на функции за безопасност .....	12
1.2.2.3 Управление на тежки аварии .....	12
<b>2 ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ПРОЕКТА</b> .....	<b>13</b>
2.1 ИНИЦИИРАНЕ НА ПРОЕКТА .....	13
2.2 ОСНОВНИ РОЛИ НА УЧАСТНИЦИТЕ В ПРОЕКТА.....	13
2.3 МЕТОДОЛОГИЯ ЗА АНАЛИЗ .....	14
2.3.1 Определяне на пакета от входни данни .....	14
2.3.2 Методология за провеждане на стрес тестовете.....	14
<b>3 ОБЩИ ДАННИ ЗА АЕЦ „КОЗЛОДУЙ”</b> .....	<b>15</b>
3.1 ОБЩО ОПИСАНИЕ НА АЕЦ „Козлодуй” .....	15
3.1.1 Характеристики на площадката.....	15
3.1.2 Основни обекти и съоръжения на площадката .....	16
3.1.3 Хранилища за отработено гориво – ХОГ и СХОГ .....	17
3.1.4 Лицензионен статус .....	17
3.2 ОСНОВНИ ДАННИ ЗА 3 И 4 БЛОК .....	18
3.2.1 Основни характеристики на 3 и 4 блок.....	18
3.2.1.1 Тип на реакторите .....	18
3.2.1.2 Топлинна мощност .....	19
3.2.1.3 Дата на първа критичност .....	19
3.2.1.4 Басейн за отлежаване на касетите (БОК) .....	20
3.2.2 Системи, осигуряващи или поддържащи основните функции на безопасност.....	20
3.2.2.1 Управление на реактивността.....	21
3.2.2.2 Топлоотвеждане от реактора към крайния поглъtitел на топлина.....	23
3.2.2.3 Топлоотвеждане от БОК към крайния поглъtitел на топлина.....	25
3.2.2.4 Топлоотвеждане от херметичната зона към крайния поглъtitел на топлина .....	26
3.2.2.5 Разположение, ограничения във времето и източници на ел. захранване на каналите за отвеждане на топлина. ....	27

3.2.2.6	Променливо-токово електрозахранване .....	27
3.2.2.7	Батерии за право-токово захранване.....	30
3.3	ОСНОВНИ ДАННИ ЗА 5 И 6 БЛОК .....	30
3.3.1	Основни характеристики на 5 и 6 блок.....	30
3.3.1.1	Тип на реакторите.....	30
3.3.1.2	Топлинна мощност.....	32
3.3.1.3	Дата на първа критичност.....	32
3.3.1.4	Басейн за отлежаване на касетите (БОК) .....	32
3.3.2	Системи, осигуряващи или поддържащи основни функции на безопасност.....	32
3.3.2.1	Управление на реактивността.....	35
3.3.2.2	Топлоотвеждане от реактора към крайния погълтител на топлина.....	39
3.3.2.3	Топлоотвеждане от БОК към крайния погълтител на топлина.....	43
3.3.2.4	Топлоотвеждане от херметичната зона към крайния погълтител на топлина. .....	44
3.3.2.5	Разположение, ограничения във времето и източници на ел. захранване на каналите за отвеждане на топлина.....	45
3.3.2.6	Променливо-токово електрозахранване.....	46
3.3.2.7	Батерии за правотоково захранване .....	49
3.4	ОСНОВНИ ДАННИ ЗА ХОГ И СХОГ .....	50
3.4.1	Основни характеристики на хранилището за отработено гориво.....	50
3.4.1.1	Местоположение и особености на площадката .....	51
3.4.1.2	Основни проектни решения.....	51
3.4.2	Основни характеристики на сухото хранилище за отработено гориво.....	54
3.4.2.1	Местоположение и особености на площадката .....	54
3.4.2.2	Основни проектни решения.....	55
3.4.2.3	Описание на системите и оборудването.....	55
3.4.2.4	Отвеждане на топлината от БСГ към крайния погълтител.....	57
3.5	ОБХВАТ И ОСНОВНИ РЕЗУЛТАТИ ОТ ВАБ.....	57
3.5.1	Обхват и основни резултати от ВАБ на 3 и 4 блок.....	57
3.5.2	Обхват и основни резултати от ВАБ на 5 и 6 блок.....	58
3.5.3	Обхват и основни резултати от ВАБ на ХОГ.....	59
<b>4</b>	<b>СЪСТОЯНИЕ НА ПРОВЕЖДАНИТЕ В АЕЦ „КОЗЛОДУЙ” СТРЕС ТЕСТОВЕ ..</b>	<b>59</b>
4.1	Хронология на действията по изпълнение на стрес тестовете.....	59
4.2	СЪСТОЯНИЕ НА ОТДЕЛНИТЕ СТРЕС ТЕСТОВЕ.....	60
4.2.1	Земетресения.....	60
4.2.1.1	Проектни основи.....	60
4.2.1.2	Оценка на границите на безопасност.....	60
4.2.2	Наводнения.....	61
4.2.2.1	Проектни основи.....	61
4.2.2.2	Оценка на границите на безопасност.....	61
4.2.3	Екстремни метеорологични условия .....	61
4.2.3.1	Проектни основи.....	61
4.2.3.2	Оценка на границите на безопасност.....	61
4.2.4	Загуба на функции на безопасност за всяко възможно ИС на площадката.....	61

4.2.4.1	Проектни основи.....	61
4.2.4.2	Оценка на границите на безопасност.....	62
4.2.5	Управление на тежки аварии.....	62
<b>5</b>	<b>ИЗПОЛЗВАНИ ДОКУМЕНТИ.....</b>	<b>63</b>

## СПИСЪК НА ТАБЛИЦИТЕ

1	ТАБЛИЦА 3.2.1.2-1. Основни проектни характеристики на ВВЕР-440/В-230.....	19
2	ТАБЛИЦА 3.2.1.3-1. Исторически данни за блокове 3 и 4 на АЕЦ „Козлодуй” .....	19
3	ТАБЛИЦА 3.3.1.2-1 Основни проектни характеристики на ВВЕР-1000/В-320 .....	32
4	ТАБЛИЦА 3.3.1.3-1 Исторически данни за блокове 5 и 6 на АЕЦ „Козлодуй“ .....	32
5	ТАБЛИЦА 3.5.1-1 Честота за повреда на активната зона .....	58
6	ТАБЛИЦА 3.5.2-1: Резултатите от ВАБ ниво 1 .....	58

## СПИСЪК НА СЪКРАЩЕНИЯТА

АБП	Система за непрекъснато захранване
АВР	Автоматично включване на резерв
АГП	Автоматично гасене на полето
АГЦП	Автоматика на ГЦП
АДГ	Аварийен дизелгенератор
АЕЦ	Атомна електроцентрала
АЗ	Аварийна защита
АкЗ	Активна зона
АПВ	Автоматично повторно включване
АПГ	Автоматично пожарогасене
АРВ	Автоматично регулиране на възбуждането
АРМ	Автоматичен регулатор на мощността
АСК	Автоматични стопорни клапани
АСП	Автоматичен степенчат пуск
АТОБ	Актуализирана техническа обосновка на безопасността
АЯР	Агенция за ядрено регулиране
БАП	Бак за аварийно подхранване
ББК	ББ-куб, Контейнер за съхраняване на кондиционирани отпадъци
БВС	Бак високоактивни сорбенти
БЗОК	Бързодействащ запорно отсечен клапан
БКО	Бак кубов остатък
БНС	Бак нискоактивни сорбенти
БОК	Басейн за отлежаване на касетите
БПС	Брегова помпена станция
БРУ-А	Бързодействаща редуционна установка за изпускане на пара в Атмосферата
БЩУ	Блочен щит за управление
ВАБ	Вероятностен анализ на безопасността
ВВЕР	Водно-воден енергиен реактор
ВЕЦ	Водноелектрическа централа
ВКУ	Вътрешно-корпусни устройства
ГДАЕЦ	Главен дежурен АЕЦ
ГЗЗ	Главна запорна задвижка
ГПК	Главен парен колектор

ГЦП	Главна циркуляционна помпа
ГЦТ	Главен циркуляционен тръбопровод от I контур
ДАЕБ	Дежурен на атомен енергоблок
ДГ	Дизел генератор
ДГС	Дизел генераторна станция
ДЖА	Дълго живущи аерозоли
ДП РАО	Държавно предприятие „Радиоактивни отпадъци”
ДСАПП	Допълнителна система аварийно подхранване на парогенератора
ЕБ	Енергоблок
ЕЕС	Електроенергийна система
ЕС	Европейски съюз
ЕТУ	Електротехнически устройства
ЗСО	Защита от студена опресовка
к.с.	късо съединение
КЖА	Кратко живущи аерозоли
КИП	Контролно-измерителни прибори
КИП и А	Контролно измервателни прибори и автоматика
КН	Компенсатор на налягането
КНИ	Канал за неутронни измервания
КО	Компенсатор на обема (на налягането)
КРУ	Комплектна разпределителна уредба
МААЕ	Международна агенция за атомна енергия
МЗ	Машинна зала
МП	Мощностен прекъсвач
МЦУ	Местен щит за управление
НН	Ниско напрежение
НТ	Напреженов трансформатор
НУЕ	Нормални условия на експлоатация
ОК	Осигуряване на качеството
ОР	Органи за регулиране
ОРУ	Открита разпределителна уредба
ОЯГ	Отработило ядрено гориво
п/ст	Подстанция
ПАА	Противоаварийна автоматика
ПБ	Превключвател на блокировка
ПГ	Парогенератор

ПК	Предпазни клапани
ПНАЭ	Правила и норми в атомната енергетика
ППР	Планово предупредителен ремонт
ПРБ	Помпа борен разтвор
ПРТ	Пуско-резервен трансформатор
ПТК-УСБ	Програмно-технически комплекс на управляващите системи за безопасност
РАО	Радиоактивни отпадъци
РАП	Резервоар за аварийна подпитка
РБГ	Радиоактивни благородни газове
РЗА	Релейна защита и автоматика
РИ	Реакторна инсталация
РК	Радиационен контрол
РО	Реакторно отделение
САОЗ	Система за аварийно охлаждане на зоната
СБ	Система за безопасност
СБК	Санитарно битов корпус
СВО	Система за почистване на водата
СВРК	Система за вътрешно-реакторен контрол
СИАЗ	Система за индустриална антисейсмична защита
СК	Специален корпус
СН	Собствени нужди
СНЗ	Система надеждно хранване
СРЗ	Секция резервно хранване
СУЗ	Система за управление и защита на реактора
СХО	Система херметична обвивка
СХОГ	Сухо хранилище за отработено (ядрено) гориво
ТГ	Турбогенератор
ТЕЦ	Топлоелектрическа централа
ТК	Транспортен контейнер
ТОБ	Техническа обосновка на безопасността
ТОЕ	Топлоотделящ елемент
ТОК	Топлоотделяща (горивна) касета
ТПП	Турбопитателна помпа
ТРБ	Топлообменник за разхлаждане на басейна
УГ	Универсално гнездо
УРОП	Устройство за резервиране отказа на прекъсвач



ХОВ	Химически обезсолена вода
ХОГ	Хранилище за отработено гориво
ЦПС	Циркулационна помпена станция
ЩПТ	Щит за постоянен ток
ЯГ	Ядрено гориво
ЯС	Ядрено съоръжение
ALARA	Толкова ниско, колкото е разумно достижимо (As Low As Reasonably Achievable)
ENSREG	European Nuclear Safety Regulatory Group
LOCA	Авария със загуба на топлоносител (Loss Of Coolant Accident)
MSK-64	Медведев-Шпонхойер-Карник (скала) 1964 година
RLE	Review level earthquake
WENRA	Western European Nuclear Regulator' Association

## ВЪВЕДЕНИЕ

След ядрения инцидент във Фукушима на 11 март 2011г. Европейската комисия поиска преоценка на всички атомни електроцентрали (АЕЦ) в Европейския съюз. Целта е да се извлекат поуки от събитието и да се потърсят възможните мерки да се изключи възможността такова събитие да може да се случи в Съюза.

В края на март 2011г. Европейският Съвет подчерта необходимостта да се извлекат уроците от последните събития, свързани с инцидента в Япония, и да се осигури цялата необходима информация на обществото. Съветът поиска работата да бъде насочена като приоритет да се прегледа безопасността на всички АЕЦ в Европейския съюз на базата на обширна и прозрачна оценка на безопасността (“стрес тестове”). Обхватът и форматът на тези тестове бяха разработени и публикувани в Декларация на Групата на Европейските Регулатори по Ядрена Безопасност (ENSREG) и на Комисията в координирани рамки с пълно ангажиране на Страните Членки и при пълно използване на достъпните познания (особено от Асоцията на Западно Европейските Регулатори – WENRA).

Тези оценки сега се извършват от операторите на АЕЦ в Европейския съюз и ще бъдат оценени независимо от националните органи, както и от експертни групи в процес на приятелски прегледи (peer review process). Резултатът и всякакви необходими мерки, които ще бъдат предприети, следва да се споделят с Комисията и вътре в ENSREG и следва да станат публични. Комисията ще представи доклад за напредъка на Европейския съвет за срещата, планирана за 9 декември 2011г., и обобщен доклад от срещата, планиран за юни 2012г.

Българската Агенция за Ядрено Регулиране (АЯР) инициира на 24 март 2011 процес на предварителна верификация на възможностите за реагиране на АЕЦ Козлодуй на екстремални условия. Основните цели бяха да се идентифицира потенциална нужда от каквито и да е неотложни и краткосрочни действия, които да се изпълнят и да се започне работния процес за целенасочена преоценка на всички европейски АЕЦ. В отговор на тези изисквания операторът на АЕЦ Козлодуй изпълни предписанията и докладва резултатите на АЯР на 10 юни 2011 г. Осен това е започнат процес на разработване на методология за оценка и осигуряване на необходимите ресурси за извършване на оценката, включително чрез наемане на организации за техническо подпомагане.

Следвайки процесите, описани в Европейския Регламент за Стрес Тестове (Приложение 1 към Декларацията на ENSREG от 30 и 31 май 2011г.), АЯР изпрати на лицензиантите на АЕЦ Белене и АЕЦ Козлодуй изискванията за извършване на стрес тестове като насочена преоценка на границите на безопасността на централата при природни бедствия водещи до тежки аварии. Поради факта, че документацията за техническия проект на АЕЦ Белене не е одобрена от АЯР, резултатите от извършената преоценка са извън обхвата на този доклад, както е записано в Приложение 1 на горната Декларация на ENSREG.

Този доклад има за цел да обхване прогреса на преоценка на ядрените съоръжения на площадката на АЕЦ Козлодуй. Той се основава на доклада, изготвен от оператора на АЕЦ Козлодуй и одобрен от АЯР. Този доклад е насочен към всички ядрени съоръжения на площадката – блокове 3 до 6, заедно с басейните за отлежаване на отработено гориво, съоръжението за съхранение на отработено гориво и съоръжението за сухо съхранение на отработено гориво. Обхватът и методологията за извършване на стрес тестовете, както и организацията на проекта и управлението му са описани в началото на този доклад. Основните данни за ядрените съоръжения на площадката на АЕЦ Козлодуй, които са обект на преоценка са представени в глава 3, докато индивидуалния прогрес за всеки стрес тест е даден в глава 4.

# 1 ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

## 1.1 Цел и задачи на стрес тестовете.

След ядрената авария в японската атомна централа Фукушима на 11 март 2011 г. на дневен ред бе поставена необходимостта от спешни мерки за оценка на текущия статус и готовността на ядрената централа в Козлодуй за осигуряване на безопасността при екстремни въздействия. На 24 март 2011 г. Агенцията за ядрено регулиране поиска от оператора да бъдат предприети предварителни краткосрочни действия, които се отнасят до прилагането на извънредни проверки и верификация на работоспособността на конструкции, системи и компоненти свързани с безопасността. Тези действия следваше да се извършат до приемането на единни изисквания за всички ядрени централи в ЕС, станали по-късно известни като "стрес тестове". АЕЦ Козлодуй изпълни предписаните мерки и докладът с резултатите от извършените проверки бе представен в АЯР на 10 юни 2011 г.

В изпълнение на изискванията на АЯР определени с писмото от 31.05.2011 г. до изпълнителния директор на АЕЦ Козлодуй на 01 юни 2011 г. операторът започна провеждане на стрес тестове, като целенасочена преоценка на запасите по безопасност на съоръженията в АЕЦ Козлодуй при бедствени природни събития, които водят до тежки аварии". Преоценката включва всички ядрени съоръжения на площадката – блокове от 3 до 6, включително басейните за отлежаване на касети, хранилище за съхранение на отработеното ядрено гориво (ХОГ) и сухо хранилище за съхранение на отработеното ядрено гориво (СХОГ).

В съответствие с [17], [18], и [20] "стрес тест" се дефинира като целенасочена преоценка на запасите по безопасност на АЕЦ с оглед на събитията, възникнали на АЕЦ Фукушима, в резултат на въздействието на екстремни природни явления, изискващи изпълнението на функциите за безопасност на централата и довели до възникване на тежка авария.

В съответствие с [17] и [18] най-общо "стрес тестът" се състои в определяне на готовността на АЕЦ да реагира на последиците от възникването на екстремни природни явления (като правило, свързани със загуба на значителна част от оборудването и системите на АЕЦ).

В съответствие с [17], [18], [19] и [20] "стрес тестът" трябва да обобщи реакцията на централата и ефективността на превантивните мерки, като се установи всяко потенциално слабо място и прагов/граничен ефект (cliff-edge effect), за всяка от разглежданите екстремни ситуации. Това е необходимо, за да се оцени устойчивостта на приложението подход на защита в дълбочина, адекватността на съществуващите мерки за управление на аварии и да се определят потенциалните подобрения в безопасността, както технически, така и организационни (като процедури, човешки ресурси, организация на аварийното реагиране или използване на външни ресурси). Съгласно [17], [18], и [20] задачите на "стрес теста" могат да се обобщят, както следва:

- определяне на мерките, приети в проекта на централата и съответствието на централата на проектните изисквания по отношение на външните въздействия;
- определяне на възможностите на АЕЦ да реагира на надпроектни събития, т.е. оценяване на устойчивостта на АЕЦ и идентифициране на потенциалните слаби места;
- определяне на възможните мерки за увеличаване нивото на устойчивостта на компонентите и КСК, с цел увеличаване на общата устойчивост на централата срещу екстремни природни явления.

## **1.2 Обхват на стрес тестовете**

### **1.2.1 Ядрени съоръжения, обхванати от стрес тестовете.**

Стрес тестовете обхващат всички ядрени съоръжения, намиращи се в експлоатация на площадката на АЕЦ Козлодуй, включително и блоковете, които са спрени от експлоатация, но в чиито БОК се съхранява отработено ядрено гориво, това включва, следните ядрени съоръжения:

- 3 ЕБ, Басейн за отлежаване на касети (БОК);
- 4 ЕБ, БОК;
- 5 ЕБ, реактор;
- 5 ЕБ, БОК;
- 6 ЕБ, реактор;
- 6 ЕБ, БОК;
- Хранилище за отработено гориво (ХОГ);
- Сухо хранилище за отработено гориво (СХОГ).

### **1.2.2 Сценарии, обхванати от стрес тестовете.**

#### **1.2.2.1 Изходни събития**

В съответствие с [20] стрес тестът на АЕЦ Козлодуй ще се фокусира върху следните изходни събития:

- земетресение;
- наводнение;
- други екстремни природни явления.

Избраният спектър от изходни събития удовлетворява общите методологични изискванията на [17], [18] и [19].

"Стрес тестът" за всяко едно от посочените събития е ориентиран към определяне на:

- проектните основи и текущото състояние на компонентите и съоръженията;
- определяне на запасите;
- определяне на възможните превантивни мерки в условията на съответното въздействие.

#### **1.2.2.2 Загуба на функции за безопасност**

С цел да се определи устойчивостта на АЕЦ Козлодуй към изброените по-горе изходни събития, подобни на случилите се във АЕЦ Фукушима, и в съответствие с [17] и [18], в обхвата на "стрес теста" се включва оценката на последствията при загуба на функции за безопасност за изходни събития, възможни на площадката:

- загуба на електрозахранване;
- загуба на краен погълтател на топлина;
- комбинации от двете.

#### **1.2.2.3 Управление на тежки аварии**

За потвърждаване на възприетите защитни мерки в обхвата на стрес теста в съответствие с [17], [18], [19] и [20] са включени следните въпроси по управление на тежки аварии:

- мерки за защита и управление на загубата на функцията за охлаждане на активната зона;
- мерки за защита и управление загубата на функцията за охлаждане на отработилото гориво в БОК, ХОГ и СХОГ;
- мерки за защита и управление на целостта на херметичната конструкция.

## **2 ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ПРОЕКТА**

### **2.1 Инициране на проекта**

Началото на дейностите по изпълнение на стрес тестовете беше поставено на 01.06.2011 г. в съответствие с указанията на АЯР (писмо от 31.05.2011 г. до изпълнителния директор на „АЕЦ Козлодуй“ ).

След извършване на задълбочен анализ на това какво трябва бъде направено, за да се осигури своевременното и качествено изпълнение на стрес тестовете така, както се изисква от писмото на АЯР [17], ръководството на „АЕЦ Козлодуй“ ЕАД предприе следната главна стратегия за изпълнение на задачата:

- Стъпка 1 – Изготвяне на методика за изпълнение на стрес тестовете, която да позволи изпълнението на отделните стрес тестове да бъде извършено от различни изпълнители, имащи възможно най-голям опит в разглежданата област;
- Стъпка 2 – Разделяне на изпълнението на стрес тестовете между различни инженерни организации с дългогодишен опит в изпълнение на такъв тип анализи.
- Стъпка 3 – Предоставяне на доклада за напредъка и обобщения доклад за изготвяне на компания, неучастваща в изпълнението на стрес тестове така, че да се получи още една независима оценка на резултатите от проведените стрес тестове и предадените доклади от изпълнителите.

Координиращата роля по изпълнение на дейностите, както и прегледът на изготвените анализи се изпълнява от „АЕЦ Козлодуй“ ЕАД в качеството му на Възложител, както и на оператор, отговорен за подготовката на докладите и представянето им на АЯР.

### **2.2 Основни роли на участниците в проекта.**

Основните организации, които са ангажирани със стрес тестовете на АЕЦ „Козлодуй“, са:

- „АЕЦ Козлодуй“ ЕАД;
- Агенция за ядрено регулиране;
- „Уорли Парсънс Нюклиър Сървисис“ ЕАД, София, България;
- „Риск Инженеринг“ АД (РИ), София, България;
- Институт по ядрени изследвания и ядрена енергетика (ИЯИЯЕ) към Българска академия на науките (БАН), София, България;
- „ЕНПРО – Консулт“ ООД, София, България;
- „Уестингхаус Енерджи Системс“ ЕООД (УЕС), София, България.

„АЕЦ Козлодуй“ ЕАД е притежател на лицензиите и Възложител по договорите за изпълнение на стрес тестовете, както и главен отговорник за качествено и своевременно изпълнение.

Агенцията за ядрено регулиране, в качеството си на Национален регулиращ орган, приема доклада за напредъка и подготвя националния доклад, който в последствие се предава на Европейската комисия.

„Риск Инженеринг“ АД, ИЯИЯЕ към БАН, „ЕНПРО Консулт“ ООД и „Уестингхаус Енерджи Системс“ ЕООД (Изпълнителите) отговарят за изпълнението на специфичните, обвързани с различните задачи, анализи и оценки с необходимото качество, съгласно договорите, техническото задание, одобрената методология и графика на изпълнение на задачите.

УорлиПарсънс НС отговаря за изготвянето на доклада за напредъка на стрес тестовете и обобщения доклад на извършените стрес тестове.

## **2.3 Методология за анализ**

### **2.3.1 Определяне на пакета от входни данни**

„Стрес тестът“ се извършва на базата на анализ на наличните и приети от „АЕЦ Козлодуй“ ЕАД документи: инструкции, процедури, Технологичен регламент, ТОВ, ВАБ, Технически решения и обосновките им, както и резултати от различни изследвания, анализи и експертизи.

В случай, че данните от тези документи не са достатъчни, се допуска прилагането на инженерни оценки.

Като входни данни се третираат документи, които са:

- валидирани в процеса на лицензиране;
- не валидирани в процеса на лицензиране, но преминали през програмата за осигуряване на качеството на АЕЦ „Козлодуй“;
- при необходимост нито едни от горните, т.е. други документи, за които обаче е направена оценка на тяхната приложимост за целите на анализа.

Лицензионният статус на използваните документи трябва да бъде ясно определен.

Използването на нерегистрирани в база данни „стрес тестове“ на АЕЦ „Козлодуй“ документи трябва да бъде обосновано и документите или използваните части от тях трябва да бъдат представени като приложения към докладите.

За всяка от областите на преоценката на запасите по безопасност се определя собствен пакет от входни данни.

Отговорността за определяне на необходимите входни данни, за всяка една от областите, се поема от изпълнителя на „стрес теста“. Основните критерии при определяне на входните данни за изпълнение на „стрес теста“ могат да се обобщят както следва:

- документът съдържа данни, относно проектните основи;
- документът съдържа данни, определящи изменения в проекта на АЕЦ „Козлодуй“;
- документът съдържа данни, определящи текущото състояние на АЕЦ „Козлодуй“;
- документът съдържа данни от детерминистични анализи и експертизи;
- документът съдържа данни от реални събития, свързани с изследваната област;
- документът е свързан с управление или оценка на безопасността.

С цел систематизиране на входните данни, използвани за целите на преоценката на запасите по безопасност, трябва да бъде изготвена обща база данни за проекта. Основните атрибути на тази база данни трябва да предоставят възможност за идентифициране на документа (регистрационен и/или архивен номер в базата данни на АЕЦ „Козлодуй“) за областите, в които информацията от него е използвана.

### **2.3.2 Методология за провеждане на стрес тестовете.**

Основната рамка на методологията за извършване на стрес тестовете е дадена в писмото на АЯР [17], в отговор на изискванията на Европейската комисия, представени в декларацията на ENSREG [18] и спецификацията на WENRA [19].

### 3 ОБЩИ ДАННИ ЗА АЕЦ КОЗЛОДУЙ

#### 3.1 Общо описание на АЕЦ „Козлодуй”

##### 3.1.1 Характеристики на площадката

Атомната електрическа централа “Козлодуй” е изградена в северозападна България, на десния бряг на р. Дунав до гр. Козлодуй. Отстои по права линия на 120 km и по шосе на 200 km от гр. София. Географските координати на площадката в приближение са: 43° 44' 48.4" северна ширина и 23° 46' 9.2" източна дължина [1].

Площадката се намира на 694-ти km от р. Дунав. Отстои на 3.7 km южно от талвега на реката и държавната граница с Р. Румъния. Разположена е в северната част на първата незаливаема тераса на р. Дунав.

В зона с радиус 30 km около площадката влизат общини с центрове: Козлодуй, Вълчедръм, Хайредин, Мизия (изцяло) и Лом, Бяла Слатина, Оряхово (частично). В 30-километровата зона на площадката влиза и слабо населена част от територията на Румъния - 12 села. Близки населени места са: гр. Козлодуй на 5,3 km югозападно, с. Хърлец на 5,5 km югоизточно, с. Гложене на 6.3 km югоизточно, гр. Мизия на 8,5 km югоизточно, с. Бутан на 10 km южно, гр. Оряхово отстои на 15 km източно от площадката и с. Горни Цибър на 21 km западно.

Площта на цялата площадка е около 3.2 km<sup>2</sup>, а заедно с каналите за циркуляционно и техническо водоснабдяване достига 5.2 km<sup>2</sup>. Площадката на блокове 5 и 6 на АЕЦ Козлодуй е разположена на площ 1.2 km<sup>2</sup> [2].

Основната разпределителна мрежа за електрозахранване на населените места в района е на средно напрежение 20 kV. Тя е свързана с електропреносната мрежа високо напрежение 110 kV и 220 kV от националния енергиен пръстен.

Площадката на атомната електроцентрала е разположена в Ломско-Оряховската подобласт на северния климатичен район на Дунавската хълмиста равнина. Климатът е умерено-континентален със студена зима и горещо лято, като годишният валеж в районът на АЕЦ Козлодуй е около 518-558 mm и е един от най-ниските в страната. Той е неравномерно разпределен през годината. Максимумът на валежите е през май – юни. Найголяма е вероятността за обилни валежи през летния период. През месеците май - юли е повишена честотата на дните с гръмотевични бури и градушки.

В непосредствена близост до АЕЦ Козлодуй няма защитени и други чувствителни територии.

Инженерно-геоложкият строеж на площадката на АЕЦ “Козлодуй” е бил обект на многократни изследвания и анализи (1967 – 1992 г.). През последния етап 1990 – 1992 г. изследванията са проведени по съвместен проект с МААЕ - BUL 9/012 “Site and Seismic Safety of Kozloduy and Belene NPPs”. Въз основа на анализа на наличната банка от геоложки, геоморфоложки, геофизични, неотектонски и сеизмологични данни и допълнителните целенасочени изследвания е определен обобщен инженерно-геоложки профил на площадката със съответните характеристики за всички литоложки разновидности. Изследвани са и явленията, свързани със земетресенията в смисъла на определенията, дадени в [24] - тектонска активност, потенциално опасни разломи, свлачища, потенциална възможност от втечняване на водонаситените несвързани земни пластове, слягане на земната основа, неустойчивост на склоновете и др. Направени са следните основни заключения:

- в изследваната територия отсъстват крупни разломни структури с висок енергиен потенциал (няма данни за наличие на „сарable” разлом).
- площадката на АЕЦ “Козлодуй” е разположена в относително най-стабилната в сеизмично отношение част на Мизийската платформа.

По цитирания проект чрез вероятностни и детерминистични методи са дефинирани сеизмичните нива за площадка АЕЦ “Козлодуй”:

- за ниво с период на повтаряемост 100 години максимално земно ускорение (PGA) - 0.10g;
- за ниво с период на повтаряемост 10000 години максимално земно ускорение (PGA) - 0.20g.

С така определените сеизмични характеристики е извършен анализ на всички КСК, определени като I категория по сеизмоустойчивост [25]. Където е било необходимо, са реализирани мерки за изменение (укрепване, допълнителна квалификация или замяна) за привеждането на КСК в съответствие с изискванията за сеизмоустойчивост.

Местността е равнинна, със средна надморска височина, варираща от +28,0 до +36,0 m по Балтийската височинна система. От р. Дунав низината и площадката са защитени с дига, достигаща абсолютна кота +33.0 m.

Площадката е разположена в незаливаема тераса, с абсолютна кота +35.0 m. На север тя граничи с крайдунавската низина. На юг от площадката склонут на водоразделното плато е относително висок (100÷110 m), на запад е около 90 m, а на изток е по-нисък и се понижава до 30 m над морското равнище.

В основния проект при определяне котата на площадката на АЕЦ “Козлодуй”, с оглед изключване на възможността за нейното заливане от р. Дунав, са взети под внимание характерните коти и водни количества на р. Дунав (км. 687.00 при водовземането на АЕЦ). Тези коти са определени при естествен режим на реката и вероятността за изграждане на Хидровъзел Никопол-Турну Магуреле. Максималната кота на заливане с вероятност за поява веднъж на 10000 години (обезпеченост  $p=0.01\%$ ) е 33.50 m. и то при предпоставка, че е построен Хидровъзел Никопол-Турну Магуреле

Като цяло релефът на района на площадката във физикогеографско отношение е характерен за българското поречие на р. Дунав и Дунавската хълмиста равнина. Разнообразието на ландшафти в разглеждания район е голямо, като до 50 km от площадката на АЕЦ Козлодуй са характерни равнинните ландшафти.

Автомобилните пътища в района са двупосочни, асфалтирани и принадлежат към второкласната пътна мрежа.

Площадката е свързана с националната пътна мрежа с шосейни пътища: Браца - Мизия - Оряхово и Мизия - Козлодуй - Лом. Площадката не е свързана с националната ж.п. мрежа. Чрез собствено пристанище се осигуряват транспортни връзки по р. Дунав.

В 12 km зона гъстотата на пътно-шосейната мрежа е 142 km на 1 000 km<sup>2</sup>. В сравнение с гъстотата на пътно-шосейната мрежа в общините от 30 km зона, посочената за Козлодуй гъстота е по-ниска. В Мизия тя е 337 km, в Оряхово е 229 km, в Хайредин е 212 km на 1 000 km<sup>2</sup>.

### **3.1.2 Основни обекти и съоръжения на площадката**

На площадката на АЕЦ Козлодуй се намират шест блока, като блокове 1-4 са с реактори ВВЕР-440, а блокове 5 и 6 с реактори ВВЕР-1000.

Генералният план на АЕЦ е разработен в съответствие с принципа на модулна компановка на енергоблоковете в една АЕЦ. Максимално близката планировка на зданията и съоръженията в значителна степен допринася за съкращаване на транспортно-пешеходните и технологични връзки, а също така съкращава инженерните комуникации.

Функционално всички обекти на АЕЦ се делят на основни и спомагателни. В състава на основните обекти на блока влизат: главен корпус - сграда на реактора (реакторно отделение) и сграда на турбината (турбинно отделение); СК и естакади за връзка с



реакторните отделения на блок; електротехнически съоръжения; резервни дизелгенераторни станции; кабелни канали и тунели за връзка между ДГС и реакторно отделение; съоръжения за техническо водоснабдяване и охлаждане на отговорните потребители (бризгални басейни и вкопани тръбопроводи за техническа вода); съоръжения за техническо водоснабдяване и охлаждане на неотговорните потребители (циркуляционни помпени станции, студен канал и сливен (топъл канал)) [1].

Към спомагателните обекти на блоковете влизат: стопанство за производство на химически обезсолена вода; общ спомагателен корпус; нафтно-маслено стопанство; площадка на газовите ресивери; азотно-кислородна станция; административни сгради; естакади и канали за технологичните тръбопроводи.

Съоръжения и комуникации, обслужващи обектите на площадката:

- студен канал за охлаждаща вода за потребителите (за блокове 5 и 6 този канал изпълнява само функции за нормална експлоатация, а системите за безопасност се охлаждат чрез бризгални басейни;
- топъл канал за връщане на охлаждащата вода в река Дунав;
- общ противопожарен пръстен (има възможност за връзка между пръстените за пожарогасене на площадката). От този пръстен се взема вода за пожарогасене на системите за нормална експлоатация;
- тръбопроводи за обмен на пара и вода за собствени нужди между площадката на блокове 5 и 6 и площадката на блокове 1 до 4, разположени по технологична естакада, изградена между двете площадки;
- естакади за връзка между 5 и 6 блок и връзка със спомагателните обекти. На тези естакади са разположени тръбопроводи и кабели за връзка със стопанството за химически обезсолена вода, нафтно-маслено стопанство, общия спомагателен корпус, както и отоплителната система на площадката.

Основната (системообразуваща) електрическа мрежа на ЕЕС на България е присъединена към мрежите на три собствени разпределителни уредби на напрежение 220kV, 400 kV и мрежата 110 kV. По този начин се осигурява надеждната ѝ работа в нормални и следаварийни режими. Между ОРУ 400 kV, ОРУ 220 kV и ОРУ 110 kV са осъществени връзки през автотрансформатори, което позволява синхронизиране на полетата на работното и резервно захранване [1], [2], [3] и [4].

### **3.1.3 Хранилища за отработено гориво – ХОГ и СХОГ**

На площадката на АЕЦ Козлодуй се намират хранилището за съхранение на отработеното ядрено гориво (ХОГ) и хранилище за сухо съхранение на отработеното ядрено гориво (СХОГ), като в тях се съхранява отработеното ядрено гориво (ОЯГ) от ВВЕР-440 и от ВВЕР-1000.

Сградата на ХОГ е разположена в югозападния край на площадката на АЕЦ "Козлодуй". В ХОГ са разположени 4 басейна, запълнени с вода, в които се поставят контейнерите, съдържащи отработените горивни касети. Водата служи едновременно за биологична защита и за охлаждане на ОЯГ.

Площадката на СХОГ е разположена на север-северозапад от сградата на ХОГ. Технологията за съхранение в СХОГ на АЕЦ Козлодуй се състои от контейнери за съхранение с въздушно охлаждане на принципа на естествена конвекция.

### **3.1.4 Лицензионен статус**

От октомври 2010 г. ДП "РАО" получи лицензии за експлоатация на първи и втори блок за срок от пет години, като съоръжения за управление на радиоактивни отпадъци, които подлежат на извеждане от експлоатация. С тези лицензии се прекратяват лицензиите

за експлоатация на блоковете.

АЕЦ Козлодуй притежава лицензи за експлоатация на трети и четвърти блок в режим “Е”, съгласно които горивото е извадено от активната зона и се съхранява в приреакторните басейни. Първи и втори контур са запълнени с консервационни разтвори за потискане на корозионните процеси. Поддържа се готовност за връщане на ядреното гориво в активната зона в случай на авария. Съгласно условията на лицензиите отработеното ядрено гориво се съхранява само на долен стелаж в басейните.

АЕЦ Козлодуй притежава лицензи за експлоатация на пети и шести блок, със срок на валидност съответно до 2017 г. за 5 блок и 2019 г. за 6 блок, които се намират съответно в 18 и 16 горивна кампания. Двата блока работят предимно в базов режим на номинална мощност при спазване условията на лицензиите за експлоатация.

Лицензианти на намиращите на площадката на АЕЦ Козлодуй ядрени съоръжения са:

- Първи блок - лицензиант е Държавно предприятие “Радиоактивни отпадъци” - Лицензия за експлоатация със срок на валидност до 17.10.2015 г. Обхват – съоръжение за управление на радиоактивни отпадъци, което подлежи на извеждане от експлоатация.
- Втори блок - лицензиант е Държавно предприятие “Радиоактивни отпадъци” - Лицензия за експлоатация със срок на валидност до 17.10.2015 г. Обхват – съоръжение за управление на радиоактивни отпадъци, което подлежи на извеждане от експлоатация.
- Трети блок - лицензиант е „АЕЦ Козлодуй” ЕАД - лицензия за експлоатация, със срок на валидност до 20.05.2014 г. Обхват - съхранение на отработеното ядрено гориво в приреакторния басейн.
- Четвърти блок - лицензиант е „АЕЦ Козлодуй” ЕАД - лицензия за експлоатация, със срок на валидност до 26.02.2013 г. Обхват - съхранение на отработеното ядрено гориво в приреакторния басейн.
- Пети блок - лицензиант е „АЕЦ Козлодуй” ЕАД - лицензия за експлоатация, със срок на валидност до 05.11.2017 г. Обхват – експлоатация на блока съгласно условията на издадената лицензия.
- Шести блок - лицензиант е „АЕЦ Козлодуй” ЕАД - лицензия за експлоатация, със срок на валидност до 02.10.2019 г. Обхват – експлоатация на блока съгласно условията на издадената лицензия.
- Хранилище за съхранение на отработеното гориво - лицензиант е „АЕЦ Козлодуй” ЕАД - Лицензия за експлоатация: Серия “Е, със срок на валидност до 24.06.2014 г. Обхват – манипулиране и съхраняване на отработеното ядрено гориво от блоковете на АЕЦ “Козлодуй”, в съответствие с изискванията на издадената лицензия.
- Сухо хранилище за отработено ядрено гориво – към момента сухото хранилище за отработеното гориво е с разрешение за строеж, издадено от АЯР през м. юни 2008 г., със срок на валидност м. декември 2011 г. През м. юли 2011 г. оператора е подал заявление за разрешение за въвеждане в експлоатация.

### **3.2 Основни данни за 3 и 4 блок**

#### **3.2.1 Основни характеристики на 3 и 4 блок**

##### **3.2.1.1 Тип на реакторите**

Всеки енергоблок е с инсталирана мощност 440 мегавата (електрически) и включва реакторна инсталация с реактор ВВЕР-440/230, турбогенераторна инсталация с две турбини К-220-44 и електрически генератор ТВВ-220-2А. [3] [4] Използва се двуконтурна топлинна схема.

Общите характеристики на енергоблоковете са както следва:

- Реакторите на 3 и 4 блок на АЕЦ „Козлодуй“ са от тип водо-водни реактори с вода под налягане. ВВЕР-440/230 е хетерогенен водо-воден енергиен реактор на топлинни неутрони, корпусен тип. Функцията на реактора в състава на ядрената паро-производителна инсталация (ЯППИ) е организиране и поддържане на контролируема верижна реакция на делене на горивото и преобразуване на енергията от деленето в топлина, която се предава на топлоносителя в първи контур. Теплоносител и забавител в първи контур е химически обезсолена вода с разтворена в нея борна киселина, чиято концентрация се променя в процеса на експлоатация.
- Активната зона (горивна система) на реактора е предназначена да генерира топлина в топлоотделящите елементи (ТОЕ) и предаването и към топлоносителя на I-ви контур. Тя включва 349 горивни касети, всяка от които е съставена от 126 топлоотделящи елемента. Налягането в първи контур е 12.5 МРа, температурата на водата на входа в реактора е 263°C;

Блоковете отдават произведената електроенергия в енергийната система 220 кV.

Връзката на блока с електроенергийната система се осъществява чрез Открита разпределителна уредба. Потребителите на електроенергия на блока се захранват от системата за собствени нужди.

Техническото водоснабдяване на блока е от р. Дунав чрез БПС и система от „топъл“ и „студен“ канал. Техническото водоснабдяване на системите за безопасност се осъществява от бризгални басейни.

Блокове 3 и 4 са с три независими канала на системите за безопасност и с многобройни модификации за повишаване на безопасността.

Основните проектни параметри и характеристики на блокове 3 и 4 са дадени в Таблица 3.2.1.2-1.

### 3.2.1.2 Топлинна мощност

**ТАБЛИЦА 3.2.1.2-1. Основни проектни характеристики на ВВЕР-440/В-230**

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТОЙНОСТ
топлинна мощност на реактора	- 1375 МВт
електрическа мощност на блока	- 440 МВт
КПД (бруто) на блока	- 32%
налягане на I контур	- 125 ± 2 кг/см <sup>2</sup>
налягане по II контур (ГПК)	- 45 ± 1 кг/см <sup>2</sup>

### 3.2.1.3 Дата на първа критичност

**ТАБЛИЦА 3.2.1.3-1. Исторически данни за 3 и 4 блок на АЕЦ “Козлодуй”**

Характеристика	Блок 3	Блок 4
Начало на изграждане	октомври 1973 г.	октомври 1973 г.
Първа критичност	4 декември 1980 г.	25 април 1982 г.
Достигане до 100% мощност	27.01.1981 г.	17.06.1982 г.
Изработени горивни кампании	22	21
Окончателно спрени за извеждане от експлоатация	31 декември 2006 г.	31 декември 2006 г.

Блокове 3 и 4 имат статут на ядрени съоръжения, окончателно спрени за извеждане от експлоатация. Към настоящия момент в басейните за отлежаване на касетите (БОК) се съхраняват облъчени касети на долният ред стелажи.

#### **3.2.1.4 Басейн за отлежаване на касетите (БОК)**

БОК представлява басейн със стелажи, служещ за безопасно съхранение на отработило и облъчено ядрено гориво в режим на понижаване на активността и топлоотделянето му до ниво, при което е възможно транспортирането на касетите. То е от типа хранилища за съхраняване на отработило ядрено гориво под вода. БОК е запълнен с разтвор на борна киселина и касетите са подредени на стелажи, с определена стъпка на решетката. Отработените касети престояват в БОК минимум три години, с цел понижаване на остатъчното им енергоотделяне до допустимите граници за транспортиране извън АО.

БОК представлява бетонна конструкция, облицована с неръждаема стомана, без проходки и отвори.

В басейнът за отработили касети са разположени стелажите за съхраняване на касетите и е обособен обем за поставяне на контейнер за транспортиране на касетите, наречен универсално гнездо (УГ). БОК има връзка с шахтата на реактора чрез коридор за транспортиране на касетите, преграден с хидрозатвор (шандор).

Касетният отсек е с два реда стелажи (долен и горен), съдържащи клетки за работни касети и надставки и кръгли клетки за херметичните пенали (ХП). Горният стелаж се разделя на три секции – северна, средна и южна.

Геометрията на разположение на стелажите за съхранение на касетите в БОК (стъпка между касетите) осигурява подкритичност на горивото в касетите, минимум 5%, дори и в случай на запълване на БОК с небориани водни разтвори при всички температурни състояния на разтвора.

#### **3.2.2 Системи, осигуряващи или поддържащи основните функции на безопасност**

Блокът е проектиран в съответствие с концепцията за защита в дълбочина – последователност от бариери, предотвратяващи изпускането на радиоактивни вещества и йонизиращо лъчение, с множество средства, предпазващи тези бариери от повреждане.

Основен принцип, заложен в проекта на блока е, че при всички експлоатационни състояния и аварийни условия се изпълняват следните фундаментални функции на безопасност:

- управление на реактивността;
- отвеждане на топлината от активната зона;
- задържане на радиоактивните вещества в установените граници.

Тези функции се изпълняват чрез проектните технически решения на оборудването за нормална експлоатация, монтиране на системи за безопасност, използване на ефективни процедури и технологии за експлоатация и поддръжка, основани на съвременните постижения на науката и техниката и на международно признатия експлоатационен опит.

Осигуряване на функциите на безопасност:

- Оборудването на всички системи за безопасност е разположено в сеизмично квалифицирани сгради, осигуряващи защита срещу външни естествени и техногенни въздействия – сеизмичната квалификация на сградите, в които е разположено оборудване от системите за безопасност е проверена за изменените сеизмични условия на площадката;
- Квалификация на оборудването на всички системи за безопасност за устойчивост на

сеизмично въздействие. Проверена е квалификацията на оборудването, необходимо за безопасно спиране на реактора;

- В проекта на системите и оборудването, важни за безопасността, са използвани проектни решения, базирани на пасивен принцип на действие, на принципа на безопасния отказ и на свойствата на вътрешна самозащита (саморегулиране, топлинна инертност и други естествени процеси, обратна връзка по реактивност, естествена циркулация на топлоносителя);
- Специфичните технически решения, прилагани при проектирането на системите за безопасност, са свързани с прилагането на основните изисквания на съответните нормативни документи – многоканална структура (резервираност), физическо разделение и разнообразие.
- Многоканалната структура (резервираността) позволява на системите за безопасност да изпълняват своите функции независимо от евентуален отказ на един канал (единичен отказ);
- Физическото разделение на каналите се постига чрез разположение на всеки канал в отделно помещение. Това позволява успешна работа на системите за безопасност в случай на повреда на един канал от локални събития (пожар, експлозия, висока температура, наводнение и т.н.);
- Разнообразието на физичните принципи за изпълнението на функциите на системите за безопасност се прилага в проекта чрез използване едновременно на активни (помпи, електрически клапани) и пасивни устройства (обратни клапани) с цел да се елиминира възможността за отказ на всички системи за безопасност поради загуба на общо захранване (електричество, работна среда и др.);
- Комбинацията от резервираност, разнообразие и физическо разделение осигурява на системите за безопасност устойчивост към откази по обща причина, т.е. – обща загуба на възможността на системите за безопасност да изпълняват функциите си.

Системите за безопасност са предназначени за предотвратяване на аварии и за ограничаване на последствията от тях. По функции те се делят на:

- защитни;
- локализиращи;
- обезпечавачи;
- управляващи.

### **3.2.2.1 Управление на реактивността**

#### **3.2.2.1.1 Системи, които осигуряват под-критичност на активната зона.**

Контролът на реактивността както по време на работа на реактора, така и при спрян реактор се осъществява посредством два независими принципа на действие:

- Чрез преместване на ОР СУЗ по височина на активната зона.
- Чрез изменение концентрацията на разтворената борна киселина ( $H_3BO_3$ ) в топлоносителя на I контур.

Системите за управление на реактивността, основани на използването на ОР на СУЗ и въвеждане на бор в топлоносителя, са проектирани по такъв начин, че постулирани аварии, свързани с тяхната неправилна работа, не водят до въвеждане на реактивност, по-висока от регламентираната, и се осигурява:

- непревишаване на допустимите граници за горивото;
- целостта на първи контур;

- ефективно охлаждане на активната зона в аварийни режими.

### **3.2.2.1.1.1 Система за управление и защита на реакторната установка (СУЗ)**

Системата за управление и защита на реактора има следните функции:

- аварийна защита на реактора;
- разтоварване и ограничаване на мощността на реактора при нещатни изключвания на оборудвания на енергийния блок по предварително зададен опис и зададена програма;
- автоматично регулиране на мощността на реактора по зададени програми;
- контрол на технологичните параметри, необходими за защита и управление на работата на реактора;
- фиксиране на първопричината за включване на защитите;
- представяне на информация на оператора и подаване на сигнали към други подсистеми на АСУ ТП.

Системата за управление и защита е технологична система на реакторната установка, съставена от взаимосвързани подсистеми предназначени за:

- контрол и измерване на неутронната мощност и периода на реактора;
- управление на верижната реакция;
- аварийно спиране (заглушаване) на верижната реакция.

### **3.2.2.1.1.2 Система за аварийно въвеждане на бор високо налягане**

Система за аварийно въвеждане на бор високо налягане на първи контур е предназначена да предотврати или ограничи повреждането на ядреното гориво, оборудването и тръбопроводите, съдържащи радиоактивни продукти, и за аварийно въвеждане на разтвор на борна киселина при отказ в системата за аварийна защита на реактора и компенсирание на положителна реактивност; при нужда от допълнително подпитаване на първи контур, когато системата за нормална подпитка е недостатъчна, както и за прилагане на процедурата “подпитка - продувка” (feed and bleed) на първи контур.

Системата се състои от общ резервоар за аварийна подпитка (РАП) и три канала, които подават разтвор на борна киселина в колектора за връщане на продувката на първи контур.

Всеки канал включва в себе си помпа, тръбопроводи, арматура и КИП и А оборудване.

### **3.2.2.1.1.3 Система аварийен залив на активната зона – САЗ**

Система аварийен залив е предназначена да предотврати или ограничи повреждането на ядреното гориво и оборудването чрез аварийно въвеждане на разтвор на борна киселина в първи контур при голяма загуба на топлоносител и поддържане на подкритичност на активната зона.

Системата се състои от бак за аварийна подпитка (БАП), който е общ за трите канала на САЗ и за каналите на спринклерна система. Всеки канал включва в себе си помпа, топлообменник на спринклерна система, арматури, КИП и А оборудване.

Системата се състои от три напълно независими по напорна страна канала. Проекта на системата гарантира изпълнението в пълен обем на всички функции от всеки един канал по отделно.

Подаването на борен разтвор в контура се извършва по собствени тръбопроводи в неотключваемите части на студените нитки на циркуляционните кръгове.

### 3.2.2.1.2 Системи, които осигуряват подкритичност на БОК

Геометрията на разположение на стелажите за съхранение на касетите в БОК (стъпка между касетите) осигурява подкритичност на горивото в касетите, минимум 5%, дори и в случай на запълване на БОК с неборирани водни разтвори при всички температурни състояния на разтвора.

### 3.2.2.2 Топлоотвеждане от реактора към крайния погълтител на топлина

#### 3.2.2.2.1 Съществуващи канали и средства за отвеждане на топлината от реактора до крайния погълтител

Основната схема, по която става топлопредаването в реактори 3 и 4 на АЕЦ „Козлодуй“, е от активната зона на реактора чрез топлоносителя на първи контур към парогенераторите и след това през системи от втори контур:

- или до технологичните кондензатори, охладени с техническа вода, което в крайна сметка отвежда водата до р. Дунав (крайния погълтител на топлина), при отсъствие на техническа вода, по затворена схема за охлаждане чрез бризгални басейни в атмосферата,
- или през предпазни клапани в атмосферата.
- Теплопредаването от активната зона до втори контур на парогенераторите се гарантира от подходящата геометрия на система за циркулация на топлоносителя на I контур, където парогенераторът е разположен много по-високо от активната зона. Това разположение дава възможност за ефективна естествена циркулация, което може да отведе до 10% от топлинната мощност на реактора, без да е необходима принудителна циркулация на топлоносителя на I контур. Освен това, запасите от вода в самите ПГ (хоризонтален тип) могат да осигурят до няколко часа безпроблемно отвеждане на остатъчното топлоотделяне от реактора след неговото заглушаване.
- Системата за защита на втори контур от превишено налягане (ПКПГ) е СБ, изпълняваща и функцията аварийно разхлаждане на активната зона на реактора. Тази функция може да се изпълнява независимо от изтичащата среда – пара или вода. На главния паропровод на всеки ПГ, в неотключваема част, последователно са монтирани по два импулсно-предпазни клапана тип “SEBIM” - контролен предпазен клапан (КПК) и работен предпазен клапан (РПК).

Система за аварийна подхранваща вода (САПВ) за ПГ е предназначена за подаване на вода от деаераторите на турбините или от резервоар за запасен кондензат (БЗК) в парогенераторите (ПГ) в аварийни режими, с цел подпитаване на ПГ с разход, обезпечаващ отнемането на остатъчното топлоотделяне в активната зона на реактора и разхлаждане на I к-р в пароводен режим. Системата се състои от три аварийни питателни помпи, регулатори, арматура и КИП и А оборудване. При загуба на питателна вода на блок, има възможност за използване на схеми за подаване на вода за разхлаждане от съседен блок, а при невъзможност, от допълнителната система за аварийна подпитка (ДСАПП). При невъзможност за охлаждане посредством техническа вода група “А”, може да бъде осигурено разхлаждане от противопожарна помпена станция по линията на ДСАПП.

Като краен вариант за отвеждане на топлината към краен погълтител, може да се използва процедурата “Feed and Bleed” (подпитка-продувка) по I-ви контур за отвеждане на остатъчното топлоотделяне при аварии с пълна загуба на питателна вода. Процедурата се изпълнява чрез системата за защита на първи контур от превишено налягане (ПККО), заедно със системата за аварийна подпитка на първи контур. Системата се състои от три комплекта от две отделни подсистеми – два комплекта ПККО “Sempell” и един комплект ПИКК-КО “Sebim”.

Функцията на ПККО “Sempell” е предпазване на I к-р от превишаване на налягането чрез изхвърляне на флуид. ПИКК-КО “SEBIM” е комплектован с устройство за защита от

студена опресовка (УСО) на корпуса на реактора.

ПИКК-КО чрез изхвърляне на флуид от КО изпълнява следните функции :

- защита на целостта на I-ви контур при превишаване на налягането;
- защита от студена опресовка на корпуса на реактора в планови режими на разгриване/разхлаждане на РУ или в аварийни режими;
- при прилагане на процедурата “Feed and Bleed” по I-ви контур за отвеждане на остатъчното топлоотделяне при аварии с пълна загуба на питателна вода за предотвратяване или ограничаване на повреждането на ядреното гориво.

### **3.2.2.2.1.1 Система за защита на втори контур от превишено налягане (ПКПГ)**

Системата е предназначена да предотврати повишаването на налягането в парогенераторите над допустимото с което се осигурява целостта на съоръженията (ПГ), както и да осигурява аварийно разхлаждане на активната зона при отказа на останалите системи, предназначени за изпълнение на тази функция, чрез ръчно отваряне на клапаните. Тази функция могат да изпълняват при налягане в ПГ над 0,3 МРа независимо от средата – пара или вода. На главния паропровод на всеки ПГ, в неотключваема част, последователно са монтирани по два импулсно-предпазни клапана тип “SEVIM”, контролен предпазен клапан (КПК) и работен предпазен клапан (РПК), изпълняващи описаните функции.

### **3.2.2.2.2 Разположението и схемите на предаване на топлината**

Оборудването от описаните схеми за предаване на топлината, е разположено във физически разделени защитни строителни конструкции. Оборудването от системите е защитено от вътрешни въздействия като пожари, наводнения, зависими откази чрез множество проектни решения и процедури за действие на персонала за съответните аварийни условия. Строителните конструкции, заедно с оборудването от съответните системи, е сеизмично квалифицирано.

### **3.2.2.2.3 Ограничения във времето за работа на различните канали за топлоотвеждане**

Запасите от вода в самите ПГ (хоризонтален тип) на ВВЕР-440 могат да осигурят до няколко часа безпроблемно отвеждане на остатъчното топлоотделяне от реактора след неговото заглушаване без допълнителна подпитка. Има техническа възможност за подаване на питателна вода за ПГ от съседен блок. За целта са разработени аварийни процедури. Независимо от съседния блок, на площадката се поддържа общо обем от около 6000 m<sup>3</sup> ХОВ за блокове 3 – 4, която може да се подаде към различни консуматори, включително към ПГ на съответния блок за целите на аварийно разхлаждане. Допълнително монтираната система ДСАПП дава още една възможност за аварийно подаване на питателна вода към аварирания блок, в условията на пълна невъзможност да се подаде питателна вода, както и пълно отсъствие на техническа вода за охлаждане по отворена или затворена схема, системата по независим път може да осигури дългосрочно охлаждане на реактора.

При пълно отсъствие на средства за подаване на питателна вода, към ПГ може да се подключи противопожарна помпа от противопожарен автомобил, което увеличава неограничено разполагаемото време на схемата при възможност за достъп до аварирания блок.

### **3.2.2.2.4 Източници на променливо токово захранване и батерии, които могат да осигурят необходимата енергия за всеки канал**

На площадката на 3 и 4 блок на АЕЦ Козлодуй се намира аварийна дизелгенераторна станция (ДГС). Шестте ДГ за блокове 3 и 4 се намират в шест различни помещения в сеизмично-квалифицирана сграда. ДГ са източник на надеждно електрозахранване за АЕЦ и се включват в случай на загуба на външното електрозахранване. Системата за аварийно електрозахранване на блокове 3 и 4 има три независими канала. Освен това, съществуват технически мерки за подаване на електрозахранване от съседен блок в случаи на авария. За



тази цел са разработени и са в сила оперативни процедури.

Допълнително, 3 и 4 блок на АЕЦ "Козлодуй" са осигурени с отделен комплект спомагателни дизел генератори 1,3 АДГ и 2,4 АДГ. Спомагателните дизел генератори са инсталирани специално за система ДСАПП и те осигуряват електрозахранване при всички режими на работа на централата, дори при загуба на външно електрозахранване.

Като крайно средство за осигуряване на променливо токово захранване е предвиден и мобилен ДГ, разположен на площадката. В сила са оперативни процедури за неговото използване.

Всеки канал на системите за безопасност разполага с акумулаторни батерии, които са независим източник на постоянен ток за потребители I категория надеждно захранване. Допълнително, в ДГС за всеки ДГ има отделна АБ, която може да резервира основната батерия на съответната система за безопасност. При пълен товар за всяка батерия е гарантирано време за разряд не по-малко от 2 часа.

#### 3.2.2.2.5 Охлаждане на оборудването към каналите за отвеждане на топлина

За охлаждане на оборудването от системите, работещо в условията на повишена температура, е предвидена вентилационна система, оборудването на която се захранва от надеждни източници на електрозахранване.

### 3.2.2.3 Топлоотвеждане от БОК към крайния погълтител на топлина

#### 3.2.2.3.1 Средства за топлоотвеждане

Ядреното гориво от трети и четвърти блок се съхранява в при реакторните басейни на долен ред стелажи. На горен ред стелажи се съхраняват само надставки. За осигуряване на запас от борен разтвор и охлаждане на касетите в басейна за отлежаване нивото се поддържа 20÷40 см под преливника. Съгласно условията на лицензиите, басейните са запълнени с разтвор на борна киселина, и температурата се поддържа в границите 20°C до 50°C. Системата за охлаждане включва две помпи за разхлаждане на басейна през два топлообменника. Тези съоръжения оформят два независими канала за охлаждане на водата. Всеки един от тях има капацитет за изпълнение на функцията 100%.

Помпите за разхлаждане на басейна са предназначени да осъществяват циркулация на разтвора през топлообменниците за разхлаждане.

Топлообменниците се охлаждат с техническа вода от системите за безопасност, помпите са надеждно захранени от ДГ

Конструкцията на басейните е такава, че при теч от тръбопровод на системата за охлаждане е изключена възможността за оголване на горивото..

Краен погълтител на топлината е водата от река Дунав и/или въздуха чрез затворена схема на охлаждане през бризгални басейни посредством система техническа вода. При загуба на канал/каналите за охлаждане от дадения блок, или значителни загуби на топлоносител от единия или другия блок, има възможност за използване на схеми за подаване на вода и разхлаждане от съседен блок. При невъзможност за охлаждане посредством техническа вода група "А" може да бъде осигурено разхлаждане от ППС-2 по линията на ДСАПП, която е напълно автономна система.

При аварийни състояния, които могат да доведат до загуба на краен погълтител, са предвидени множество технически и организационни мерки за овладяване или смекчаване на аварията, както следва:

- При загуба на външно ел. захранване на блока – подаване на електрозахранване от ДГ на съседен блок, от АДГ на ДСАПП или в краен случай от мобилен ДГ.
- При загуба на техническа вода – подаване на техническа вода от съседен блок или подаване на техническа вода от ППС-2 чрез ДСАПП.

- Общо на площадката се поддържа 6000 m<sup>3</sup> ХОВ за блокове 3– 4 (в 3600 m<sup>3</sup> резервоари), която може да се подаде към различни консуматори, включително към БОК чрез помпи, които са на разположение в случай на загуба на външно електрозахранване.
- При теч на топлоносител от БОК – подаване на борни или неборирани разтвори от резервоари, съществуващи на площадката. При аварии със значителна загуба на водата от БОК може да подсури аварийното му запълване с техническа вода гр. „А“ или с вода от ППС-2.
- При загуба на системата за нормално охлаждане на БОК – подаване на разтвора от БОК в БАП по затворена схема и охлаждане на разтвора в БАП чрез съществуващата система за безопасност.

#### 3.2.2.3.2 Разположение на каналите за отвеждане на топлина

Каналите на системите за отвеждане на топлината от БОК са разположени в главния корпус на блока, в апаратно отделение. Системата ДСАПП е разположена непосредствено до главния корпус на блока.

#### 3.2.2.3.3 Ограничения във времето на работа на различните канали за отвеждане на топлина

Няма ограничения във времето на работа на различните канали за нормално отвеждане на топлината. В аварийни случаи, при загуба на нормалната схема за отвеждане на топлината от единия или другия блок, охлаждането се обезпечавя с техническа вода, подавана от ППС-2, като същата осигурява 7 денонощия работа в режим на пълна автономност. При загуба на външно електрозахранване, е осигурено захранване от ДГ на системите за безопасност, минимум 4 денонощия, мобилен ДГ, или ДГ на ДСАПП.

#### 3.2.2.3.4 Източници на променливо-токово и право-токово електрозахранване на всеки канал

Ел. захранването на помпите за разхраждане на басейните е от секции II категория, захранени от ДГ:

Осигурено е надеждно захранване от ДГ в автоматичен пуск на поне една помпа, намираща се в работа или резерв. Всички помпи са захранени от ДГ.

Допълнително е осигурено резервно ел. захранване от АДГ на ДСАПП, а така също от мобилен ДГ.

#### 3.2.2.3.5 Охлаждане на оборудването към каналите за отвеждане на топлина

Осигурено е дългосрочно отвеждане на топлината от оборудването на каналите чрез работата на вентилационните системи за съответните помещения, като по-важните от тях са захранени от секции надеждно захранване втора категория.

### 3.2.2.4 **Топлоотвеждане от херметичната зона към крайния поглътител на топлина**

#### 3.2.2.4.1 Всички съществуващи средства за топлоотвеждане от хермозоната към крайния и алтернативния поглътител на топлина

При нормални експлоатационни условия проектно е предвидена рециркуляционна вентилационна система за охлаждане на бокса на парогенераторите, осигурявайки средна температура от около 50-70°C в херметичните помещения. Краен поглътител на системата е река Дунав, или атмосферата при затворена схема на охлаждане.

В условията на теч от I-ви или II-ри контур в бокса на ПГ, налягането и температурата в БПГ се повишават. За намаляването му от спринклерна система се подава разтвор на борна киселина, който се разпръсква през дюзи и парата в БПГ кондензира, като по този начин се охлаждат помещенията. Спринклерната система е триканална локализираща система за безопасност. Краен поглътител на топлината по тази схема е река

Дунав, при отворена схема на охлаждане, или атмосферата, чрез бризгални басейни, при затворена схема на охлаждане, посредством система техническа вода група А.

Допълнително, като модернизация на първоначалния проект, е инсталиран струйно-вихров кондензатор (СВК), който в условията на теч в БПГ допринася за рязко понижаване на налягането в началото на теча, както и подпомагане на охлаждането на БПГ в дългосрочен план. За управление на тежки аварии, заедно с други функции, системата за филтърна вентилация поддържа подналягане в бокса на ПГ и спомага за отвеждане на топлината от него.

### **3.2.2.5 Разположение, ограничения във времето и източници на ел. захранване на каналите за отвеждане на топлина.**

#### **3.2.2.5.1 Разположение на каналите за отвеждане на топлина**

Оборудването от описаните схеми за предаване на топлината, е разположено в защитни строителни конструкции, физически разделени поканално. Оборудването от системите е защитено от вътрешни въздействия като пожари, наводнения, зависими откази чрез множество проектни решения и процедури за действие на персонала за съответните аварийни условия. Строителните конструкции, заедно с оборудването от съответните системи, е сеизмично квалифицирано.

#### **3.2.2.5.2 Ограничения във времето на работа на различните канали за отвеждане на топлина.**

При наличие на електрозахранване и работоспособност на техническа вода, няма ограничения във времето на работа на различните канали за отвеждане на топлина. В условията на пълно отсъствие на техническа вода за охлаждане по отворена или затворена схема и отсъствие на електрозахранване, система ДСАПП по независим път може да охлажда дългосрочно каналите за отвеждане на топлина. Системата е описана подробно по-горе.

#### **3.2.2.5.3 Източници на електрозахранване и охлаждане на оборудването.**

При загуба на външно ел. захранване на блока, стартират ДГ, съгласно проекта, при отсъствие или отказ има възможност да се подаде електрозахранване от ДГ на съседен блок, от АДГ на ДСАПП или в краен случай от мобилен ДГ. За охлаждане на оборудването от системите, работещо в условията на повишена температура, е предвидена вентилационна система, оборудването на която се захранва от надеждни източници на електрозахранване.

### **3.2.2.6 Променливо-токово електрозахранване**

#### **3.2.2.6.1 Външно електрозахранване**

Външното електрозахранване на 3 и 4 блок на АЕЦ “Козлодуй” се осъществява чрез ОРУ 400 и 220 кV.

##### **3.2.2.6.1.1 Надеждност на външното електрозахранване**

Базата данни за събития, свързани със загуба на външното електрозахранване, съдържа няколко събития, свързани със загуба на електроразпределителната мрежа, с малка продължителност. Няма сработване на АЗ на блоковете, което да е предизвикало нестабилност на мрежата, точно обратно, има няколко сработвания на АЗ като следствие от загуба на външното електрозахранване.

За повишаване на надеждността и за намаляване на вероятността от пълно обезточване на ОРУ 400 кV, уредбата е изпълнена във вид на двойна секционирана шинна система.

На ОРУ между уредби 400 кV и 220 кV, както и между уредби 220 кV и 110 кV са осъществени връзки през автотрансформатори.

При разпадане на ЕЕС, основните източници на външно захранване на АЕЦ Козлодуй

са следните:

1. Получаване на електрозахранване от съседни ЕЕС;
2. Получаване на електрозахранване от ВЕЦ с възможности за черен старт;
3. Аварийните коридори за подаване на захранване на собствените нужди на АЕЦ и ТЕЦ (до всеки обект има най-малко два коридора от два независими източника).

#### **3.2.2.6.1.2 Свързване на централата към външната мрежа**

АЕЦ "Козлодуй" е присъединен към ЕЕС с електропроводни линии на напрежение 400, 220 и 110 kV.

Броят на електропроводните линии 400 kV, изходящи от АЕЦ, е 8 транзитни, от които 2 междусистемни линии към ЕЕС на Румъния и 6 линии към подстанции вътре в страната.

Броят на линиите 220 kV, изходящи от АЕЦ, е 5, от които, 3 транзитни линии към подстанции в страната и 2 лъчеви линии към брегова помпена станция (БПС).

Броят на линиите 110 kV, изходящи от АЕЦ, е 4, от които 3 транзитни и 1 лъчева линия към районни подстанции в страната.

Общо АЕЦ е присъединена към 17 електропровода, от които 14 транзитни и 3 лъчеви.

Връзката на блокове 3 и 4 с ОРУ се осъществява на страна 400 kV чрез двойна секционирана шинна система.

3.2.2.6.2 Разпределение на електрозахранването собствени нужди (СН) в централата.

##### **3.2.2.6.2.1 Главни кабелни трасета и секции**

3 и 4 блок на АЕЦ "Козлодуй" са свързани с външната мрежа 400 kV. Връзката се осъществява посредством мощностни прекъсвачи (МПП), което осигурява захранване за блоковете както от външната мрежа (ОРУ 220 kV или ОРУ 400 kV), така и от трансформатори собствени нужди (ТО). От тези трансформатори са захранени 6 kV секции работно захранване. Посредством пусков трансформатор 3 ТП, се захранват 6 kV секции резервно захранване. Схемите и оборудването е разположено в строителни конструкции и е защитено срещу вътрешни и външни опасности.

3.2.2.6.3 Главни вътрешни източници на резервно захранване.

Секции резервно захранване 6 kV на 3 и 4 блокове, са свързани помежду си и съществуват оперативни процедури за подаване на захранване между блоковете. Посредством понижаващи трансформатори 6/0,4 kV те захранват секции 0,4 kV, които също са свързани помежду си и има възможност за подаване на захранване към съседен блок.

Допълнителни източници на резервно захранване са блочните ДГ, които захранват секции надеждно захранване втора категория. Между дизелните секции има технологични връзки и действащи процедури, позволяващи подаване на захранване от съседен блок. ДСАПП има независими АДГ, които също са вътрешни надеждни източници на резервно захранване. Описанието на системата е представено по-горе.

##### **3.2.2.6.3.1 Вътрешни източници, които служат за първо резервно захранване при загуба на външно захранване.**

Като първи източници на резервно захранване при загуба на външно електрозахранване служат блочните ДГ, които захранват секции надеждно захранване втора категория. На площадката на АЕЦ се съхраняват запаси от дизелово гориво и масло. Запасите осигуряват работа на всички ДГ за време не по-малко от 4 дни.

##### **3.2.2.6.3.2 Независимост, физическо разделяне на независимите източници от конструкции или разстояние и тяхната защита срещу вътрешни или външни опасности**

За 3 и 4 блок на АЕЦ Козлодуй всеки блочен ДГ е разположен в отделен отсек на дизелгенераторната станция ( ДГС-II). Отсеците са разделени с противопожарни стоманобетонни стени. Вратите между отсеците са противопожарни и автоматично уплътнени.

#### **3.2.2.6.3.3 Ограничения във времето на разполагаемостта на тези източници и външни мерки за удължаване на времето за използване.**

При загуба на външно ел. захранване на блока, се подава електрозахранване от ДГ на блока, от ДГ на съседен блок, от АДГ на ДСАПП или в краен случай от мобилен ДГ.

3.2.2.6.4 Постоянно инсталирани вътрешни източници на резервно електрозахранване.

#### **3.2.2.6.4.1 Източници, които могат да бъдат използвани за същите цели като главни резервни източници или за по-ограничени определени цели**

При загуба на външно ел.захранване на блока може да се подаде електрозахранване от следните вътрешни източници на резервно електрозахранване - ДГ на блока, от ДГ на съседен блок, от АДГ на ДСАПП. Между отделните блочни дизелни секции има технологични връзки и действащи процедури, позволяващи подаване на захранване от съседен блок, в случай на отказ на ДГ на аварирал блок.

#### **3.2.2.6.4.2 Независимост, физическо разделяне на независимите източници от конструкции или разстояние и тяхната защита срещу вътрешни или външни опасности**

На 3 и 4 блок всеки блочен ДГ е разположен в отделен отсек на дизелгенераторната станция (ДГС-II). Отсеците са разделени с противопожарни стоманобетонни стени. Вратите между отсеците са противопожарни и автоматично уплътнени.

#### **3.2.2.6.4.3 Ограничения във времето на разполагаемостта на тези източници и външни мерки за удължаване на времето за използване.**

При загуба на външно ел.захранване на блока се подава електрозахранване от ДГ на блока или от съседен блок, от АДГ на ДСАПП или в краен случай от мобилен ДГ.

3.2.2.6.5 Други източници на електрозахранване

#### **3.2.2.6.5.1 Потенциални специално определени връзки със съседни блокове или други близки централи.**

При загуба на електрозахранване на единия блок операторите имат възможност да подадат захранване на консуматорите на оборудването, осигуряващо безопасното съхранение на горивото в БОК, от съседния блок. В допълнение, на площадката са инсталирани четири нови ДГ на двете ПС на ДСАПП (по два ДГ на всяка ПС) за осигуряване изпълнението на функцията за безопасност на системата независимо от всички останали системи за електрозахранване.

#### **3.2.2.6.5.2 Възможности за свързване на мобилни източници на електрозахранване, за захранване на системите за безопасност.**

На площадката се намира мобилен дизелгенератор. Той е предназначен за обезпечаване аварийно електрозахранване на консуматори от системите за безопасност в условия на пълна и продължителна загуба на електрозахранване за собствени нужди. МДГ изпълнява функциите на резервен ДГ, който при необходимост може да обезпечи захранване с електроенергия на част от консуматорите на един канал на система за безопасност .

Мобилният ДГ е последно средство за подаване на напрежение 6 kV за захранване СНЗ II категория в случаите, когато всички останали източници на електрозахранване са неизползваеми. МДГ може да бъде подключен към секция, чрез която да се захранят консуматорите на оборудването, осигуряващо безопасното съхранение на горивото в БОК.

### **3.2.2.6.5.3 Информация за всеки източник на електрозахранване: мощност, напрежение или други свързани ограничения.**

Номиналната мощност на всеки ДГ е 1600 kW. Мобилният ДГ е с номинална мощност от 1100 kW;

### **3.2.2.6.5.4 Готовност за използване за източника**

На 3 и 4 блок, са разработени и действат детайлни експлоатационни и аварийни процедури за начина на действие на персонала, свързани с използването на всеки един от източниците на захранване, описани по-горе.

### **3.2.2.7 Батерии за право-токово захранване**

Всеки канал на системите за безопасност разполага с акумулаторни батерии, които са независим източник на постоянен ток за потребители I категория надеждно захранване. Допълнително, в ДГС за всеки ДГ има отделна АБ, която може да резервира основната батерия на съответната система за безопасност.

Акумулаторните батерии са независим източник на постоянен ток за потребители I категория надеждно захранване в режим на пълно обезточване. Системата за постоянен ток (СПТ) е предназначена за захранване на веригите за управление, защиты, автоматика и сигнализация.

Като резултат от модернизация на блоковете, са инсталирани нови акумулаторни батерии с капацитет по-голям от проектния (преоразмеряване). Акумулаторните батерии са разположени самостоятелно в отделни помещения, като елементите от всяка система (канал) са групирани в отделни помещения.

## **3.3 Основни данни за 5 и 6 блок**

### **3.3.1 Основни характеристики на 5 и 6 блок**

#### **3.3.1.1 Тип на реакторите.**

Всеки енергоблок е с инсталирана мощност 1000 мегавата (електрически) и включва реакторна инсталация с реактор ВВЕР-1000/В-320, турбогенераторна инсталация с турбина К-1000/60-1500-2 и електрически генератор ТВВ-1000-4У3. [1] [2] Използва се двуконтурна топлинна схема.

Общите характеристики на енергоблоковете са както следва:

Реакторите са от тип водо-водни реактори с вода под налягане. ВВЕР-1000/В-320 е хетерогенен водо-воден енергиен реактор на топлинни неутрони, корпусен тип. Функцията на реактора в състава на ядрената паро-производителна инсталация (ЯППИ) е организиране и поддържане на контролируема верижна реакция на делене на горивото и преобразуване на енергията от деленето в топлина, която се предава на топлоносителя в първи контур. Теплоносител и забавител в първи контур е химически обезсолена вода с разтворена в нея борна киселина, чиято концентрация се променя в процеса на експлоатация.

Активната зона (горивна система) на реактора е предназначена да генерира топлина в топлоотделящите елементи (ТОЕ) и предаването и на топлоносителя на I-ви контур. Тя включва 163 горивни касети, всяка от които е съставена от 312 топлоотделящи елемента. Налягането в първи контур е 15.7 МПа, температурата на водата на входа в реактора е 288°C.

В качество на гориво се използва ниско обогатен уранов диоксид с обогатяване до 4.4 % концентрация на <sup>235</sup>U. Теплоносителят на първи контур се нагрява, преминавайки през активната зона на реактора. След това попада в парогенераторите, където топлината се предава на водата на втори контур.

Първият контур, който е радиоактивен, е разположен в предпазна херметична конструкция. Той се състои от реактор, парен компенсатор на налягането, четири циркуляционни кръга, включващи парогенератор, главна циркуляционна помпа и

циркуляционен тръбопровод с условен диаметър 850 mm, спомагателно оборудване.

Реакторът, парогенераторите и другото оборудване на първи контур, както и басейнът за отлежаване и презареждане на горивото (БОК), са разположени в защитна херметична стоманобетонна обвивка.

Херметичната обвивка на реакторното отделение представлява стоманобетонен цилиндър с вътрешен диаметър 45 m с куполообразен покрив, изчислен за вътрешно налягане 0.46 МРа. В нея са разположени съоръженията, системите и тръбопроводите на първи контур и свързаните с тях обслужващи и осигуряващи системи.

Вторият контур е нерадиоактивен. Той се състои от парогенератори, генериращи пара, главни паропроводи, един турбогенератор със спомагателни и обслужващи системи, оборудване за деаерация, регенеративно подгриване и подаване на подхранваща вода към парогенераторите.

Блоковете отдават произведената електроенергия в енергийната система 400 kV.

Връзката на блока с електроенергийната система се осъществява чрез Открита разпределителна уредба. Потребителите на електроенергия на блока се захранват от системата за собствени нужди.

Техническото водоснабдяване на блока е от р. Дунав чрез БПС и система от „топъл” и „студен” канал. Техническото водоснабдяване на системите за безопасност се осъществява от бризгални басейни.

Основните проектни параметри и характеристики на блокове 5 и 6 са дадени в Таблица 3.1-1. [7]

Парогенераторите (ПГ) са хоризонтални топлообменници повърхностен тип и са предназначени за отвеждане на топлина от топлоносителя на първи контур и генериране на суха наситена нерадиоактивна пара във втори контур. Топлообменната повърхност на парогенераторите представлява непосредствената граница между първи и втори контур, която осигурява бариера срещу попадането на радиоактивни продукти във втори контур.

Компенсаторът на налягането (КН) е съставна част на първи контур на реакторната инсталация. Той представлява вертикално разположен цилиндричен съд с две елиптични дъна и е предназначен за създаване на налягане в първи контур, поддържане на налягането в зададените граници при стационарни режими и ограничаване на отклоненията на налягането в преходните и аварийните режими на РИ посредством изпарение или кондензация на топлоносителя. За целта се използват нагриване чрез електронагреватели и кондензация чрез впръскване на топлоносител с по ниска температура от топлоносителя в КН в паровия му обем.

Главните циркуляционни помпи (ГЦП) са съставна част на първи контур на реакторната инсталация и служат за създаване на циркуляция на топлоносителя в първи контур на реакторната инсталация.

ГЦП представлява вертикален центробежен едностъпален помпен агрегат, състоящ се от хидравличен корпус, изваждаща се част, електродвигател, опори и спомагателни системи.

Главният циркуляционен контур се състои от четири циркуляционни кръга, включващи главни циркуляционни тръбопроводи (ГЦТ) съединяващи реактора с парогенераторите и главните циркуляционни помпи (ГЦП), и е предназначен за осигуряване циркуляцията на топлоносителя между реактора и парогенераторите.

Всеки кръг има три участъка от тръби: участък между изходния щуцер на реактора и входния колектор на парогенератора, участък между изходния колектор на парогенератора и входния щуцер на ГЦП и участък между изходния щуцер на ГЦП и входния щуцер на реактора.

### 3.3.1.2 Топлинна мощност.

ТАБЛИЦА 3.3.1.2-1 Основни проектни характеристики на ВВЕР-1000/В-320

ХАРАКТЕРИСТИКА	СТОЙНОСТ
топлинна мощност на реактора	3000 MW
електрическа мощност на блока	1000 MW
КПД (бруто) на блока	34.17%
налягане на I контур	15.7 MPa
налягане по II контур (ГПК)	6.27 MPa

### 3.3.1.3 Дата на първа критичност

ТАБЛИЦА 3.3.1.3-1 Исторически данни за блокове 5 и 6 на АЕЦ „Козлодуй“

Наименование	Блок 5	Блок 6
Начало на строителството	09.07.1980 г.	01.04.1982 г.
Физически пуск – първа критичност	05.11.1987 г.	29.05.1991 г.
Излизане на 100% мощност	21.06.1988 г.	13.08.1992 г.
Приет в експлоатация	23.12.1988 г.	30.12.1993 г.

### 3.3.1.4 Басейн за отлежаване на касетите (БОК)

Басейнът за отлежаване и презареждане на горивото (БОК) служи за съхранение и отлежаване на отработило гориво (до намаляване на остатъчното топлоотделяне до допустимо ниво) и за временно съхранение на органите за регулиране на системата за управление на реактора (ОР СУЗ).

БОК е оборудван със стелажи за уплътнено съхранение на гориво.

БОК осигурява отлежаване на отработилите ТОК в продължение на не по-малко от три години. [1] [2]

БОК се състои от 4 части – три отсека, предназначени непосредствено за съхранение на отработили ТОК и универсално гнездо (УГ) за провеждане на транспортни операции със свежо и отработило гориво. УГ служи за транспортни операции с транспортния контейнер ТК за ОЯГ, чохлите със СЯГ и чохлите с хермопенали.

### 3.3.2 Системи, осигуряващи или поддържащи основни функции на безопасност.

Блоковете са проектирани в съответствие с концепцията на дълбоко ешелонирана защита – последователност от бариери, предотвратяващи изпускането на радиоактивни вещества и йонизиращо лъчение, с множество средства, предпазващи тези бариери от повреждане.

Основен принцип, заложен в проекта на блоковете е, че при всички експлоатационни състояния и аварийни условия се изпълняват следните фундаментални функции на безопасност:

- управление на реактивността;
- отвеждане на топлината от активната зона;
- задържане на радиоактивните вещества в установените граници.

Тези функции се изпълняват чрез проектните технически решения на оборудването за



нормална експлоатация, работа на системи за безопасност, използване на ефективни процедури и технологии за експлоатация и поддръжка, основани на съвременните постижения на науката и техниката и на международно признатия експлоатационен опит.

В проекта на системите и оборудването, важни за безопасността, са използвани проектни решения, базирани на пасивен принцип на действие, принципа на безопасния отказ и свойствата на вътрешна самозащита (саморегулиране, топлинна инертност, обратна връзка по реактивност, естествена циркулация на топлоносителя) и други естествени процеси.

Специфичните технически решения, прилагани при проектирането на системите за безопасност, са свързани основно с прилагането на основните изисквания на съответните нормативни документи – многоканална структура (резервираност), физическо разделение и разнообразие.

Многоканалната структура (резервираността) позволява на системата за безопасност да изпълнява своите функции независимо от евентуален отказ на един канал (единичен отказ).

Физическото разделение на каналите се постига чрез разположение на всеки канал в отделно помещение. Тази особеност на проекта позволява успешна работа на системата за безопасност дори в случай на повреда на един канал от локални събития (пожар, експлозия, висока температура, наводнение и т.н.).

Разнообразието на физичните принципи за изпълнението на функциите на системите за безопасност се прилага в проекта чрез използване едновременно на активни (помпи, електрически клапани) и пасивни устройства (резервоари под налягане, обратни клапани) с цел да се елиминира възможността за отказ на всички системи за безопасност поради загуба на общо захранване (електричество, работна среда и др.).

Комбинацията от резервираност, разнообразие и физическо разделение осигурява на системите за безопасност устойчивост към откази по обща причина, т.е. – обща загуба на възможността на системите за безопасност да изпълняват функциите си.

Системите за безопасност и оборудването и системите, важни за безопасността, изпълняват следните функции на безопасност:

- предотвратяване на неприемливи изменения на реактивността – чрез системите за контрол и управление на реактора и турбината;
- спиране на реактора за предотвратяване на очаквани експлоатационни събития, водещи до проектни аварии, и за ограничаване последствията от проектни аварии - чрез системата за защита и спиране на реактора с въвеждане на поглътители (ОР на СУЗ или борна киселина);
- отвеждане на топлината от активната зона след разкъсване на границите на контура на топлоносителя на реактора за ограничаване на повреждането на топлоотделящите елементи – чрез системите за аварийно разхлаждане;
- отвеждане на остатъчното топлоотделяне при определени експлоатационни състояния и аварии със съхранени граници на контура на топлоносителя на реактора – чрез системата за планово разхлаждане;
- отвеждане на топлината от системите за безопасност до крайния поглъtitел на топлина – чрез система техническа вода за отговорни потребители;
- обезпечаване на необходимите осигуряващи функции за системите за безопасност – системи за надеждно електрозахранване, поддръжане на климат и защита от пожар;
- поддръжане на приемлива херметичност на обвивките на топлоотделящите елементи в активната зона – чрез контрол на ТОК при презареждане и чрез поддръжане на активността на първи контур по време на експлоатация в рамките на допустимите граници;

- поддържане на целостта на границите на първи контур – чрез системата за надзор и техническо обслужване, както и чрез диагностичните системи за контрол на пропуските, циклите на натоварване и на мигриращите тела;
- ограничаване на изхвърлянията на радиоактивни вещества от херметичния обем на реакторната инсталация при и след авария - система за следене на състоянието на защитната обвивка, система за следене на изхвърлянията, вентилационна система за надпроектни аварии;
- ограничаване на облъчването на персонала и населението при и след проектни аварии и избрани тежки аварии с изхвърляне на радиоактивни вещества от източници извън херметичния обем на реакторната инсталация – разработен аварийен план и ръководства за управление на аварии;
- ограничаване на изхвърлянето на течни и газообразни радиоактивни вещества в определените граници при всички експлоатационни състояния – въвеждане на система за контрол на РАО;
- поддържане на условия на околната среда, необходими за работа на системите за безопасност и на персонала при изпълнение на важни за безопасността операции – чрез системите за кондициониране и вентилация;
- контрол на радиоактивните изхвърляния при превоз и съхранение на отработено ядрено гориво извън активната зона, но в границите на енергийния блок, при всички експлоатационни състояния – чрез процедурите и оборудването за работа с ядрено гориво;
- отвеждане на остатъчното топлоотделяне от отработеното гориво, съхранявано извън активната зона, но в границите на енергийния блок – чрез системата за приреакторно съхраняване на гориво;
- поддържане на подкритично състояние при съхраняване на горивото извън активната зона, но в границите на енергийния блок – чрез системата за приреакторно съхраняване на гориво;
- предотвратяване или ограничаване на последствията от отказ на оборудване, неработоспособността на което би могло да предизвика нарушаване на функция на безопасност – чрез прилагане на принципите за резервиране, разнообразие и физическо разделяне.

Устойчивостта към загуба на електрозахранване е осигурена от следните проектни характеристики:

- осигуряване на 2 (за втора категория електрозахранване) или 3 (за първа категория електрозахранване) различни източника на електрозахранване към всяка система за безопасност: от трансформатори собствени нужди, от дизелгенератори и от акумулаторни батерии;
- всеки блок (5 и 6) е оборудван с четири дизелгенератора (3 от оригиналния проект и 1 инсталиран по време на Програмата за модернизация), разположени в разделени помещения.

Наличност на устройства с пасивно действие (гравитационно задвижване на аварийната защита, хидроакумулатори, предпазни клапани), които позволяват на найважните системи за безопасност да изпълнят своите функции дори и при пълна загуба на електрозахранване.

Устойчивостта към външни естествени и техногенни въздействия е осигурена от следните проектни характеристики:

- оборудването на всички системи за безопасност е разположено в сеизмично квалифицирани сгради, осигуряващи защита срещу външни естествени и техногенни

въздействия – сеизмичната квалификация на сградите, в които е разположено оборудване от системите за безопасност е проверена за изменените сеизмични условия на площадката;

- квалификация на оборудването на всички системи за безопасност за устойчивост на сеизмично въздействие. Проверена е квалификацията на оборудването, необходимо за безопасно спиране на реактора;
- квалификация на оборудването на всички системи за безопасност за устойчивост срещу условия, очаквани в съответните помещения в случай на проектна авария;
- разположение на електрическото оборудване на системите за безопасност на нива, осигуряващи защита в случай на наводняване на помещението;
- при изпълнението на Програмата за модернизация са инсталирани допълнителни ограничители на преместването на парните линии, за да се предотврати повреда на съседно оборудване от системите за безопасност при скъсване на парна линия.

Устойчивостта на системите за безопасност срещу погрешни операторски действия се основа на следните общи особености на проекта:

- автоматично задействане на системите при отклонение на критични параметри от предварително зададени стойности;
- автоматична забрана на възможността на оператора да въздейства върху функционирането на системите за безопасност, докато критичните параметри не достигнат определени стойности;
- анализите на безопасността постулират пълна липса на операторски действия в рамките на първите 30 минути от която и да е проектна авария.

### **3.3.2.1 Управление на реактивността**

#### **3.3.2.1.1 Системи, които осигуряват подкритичност на активната зона**

Контролът на реактивността както по време на работа на реактора така и при спрян реактор се осъществява посредством два независими принципа на действие:

- Чрез преместване на ОР СУЗ по височина на активната зона.
- Чрез изменение концентрацията на разтворената борна киселина ( $H_3BO_3$ ) в топлоносителя на I контур;

Системите за управление на реактивността, основани на използването на ОР на СУЗ и въвеждане на бор в топлоносителя, са проектирани по такъв начин, че постулирани аварии, свързани с тяхната неправилна работа, не водят до въвеждане на реактивност по-висока от регламентираната и се осигурява:

- непревишаване на допустимите граници за горивото;
- целостта на първи контур;
- ефективно охлаждане на активната зона в аварийни режими.

#### **3.3.2.1.1.1 Система за управление и защита на реактора (СУЗ)**

Системата за управление и защита на реактора има следните функции:

- аварийна и предупредителна защита на реактора;
- разтоварване и ограничаване на мощността на реактора при нещатни изключвания на оборудвания на енергийния блок по предварително зададен опис и зададена програма;
- автоматично регулиране на мощността на реактора по зададени програми;
- контрол на технологичните параметри, необходими за защита и управление на

работата на реактора;

- фиксиране на първопричината за включване на защитите;
- представяне на информация на оператора и подаване на сигнали към други подсистеми на АСУ ТП.

Изпълнителен механизъм на системата за управление и защита на реактора е системата приводи СУЗ, която служи за преместване на органите за регулиране и включва 61 привода ШЕМ-3.

Аварийната защита (АЗ) се осъществява на пасивен принцип чрез обезточването на системата за задържане в горно положение на приводи СУЗ, с последващото им падане в активната зона под действието на гравитацията.

Ефективността на аварийната защита е избрана на базата на необходимостта от компенсиране на бързи изменения на реактивността, свързани с привеждане на реактора в подкритично състояние от което и да е ниво на мощност, и отчитайки намаляването на ефективността в резултат на постулираното “засядане” в крайно горно положение на един, максимално ефективен ОР на СУЗ и използването на останалите за оперативно регулиране и изравняване на полето на енергоотделяне, осигурявайки подкритичност не по-ниска от минималната допустима (изисквана) стойност, равна на 0.01  $\Delta k/k$ , т.е. 1%.

В проекта е предвидено движение на ОР на СУЗ с постоянна скорост 2 cm/s и падането им по сигнали на аварийната защита за време не повече от 4 s.

#### **3.3.2.1.1.2 Системи за борно регулиране**

Химическото регулиране на реактивността се осъществява чрез процеса борно регулиране посредством изменение на концентрацията на борна киселина ( $H_3BO_3$ ) в топлоносителя. След спиране на реактора чрез борно регулиране се компенсира изменението на реактивността, свързано с разпадането на ксенона и разхлаждането на топлоносителя до студено състояние, а така също обезпечава нужната подкритичност при презареждане на горивото, която е не по-малка от 2 % (при напълно извлечени ОР на СУЗ).

В режими на нормална експлоатация за повишаване на концентрацията на  $H_3BO_3$  в топлоносителя на I контур се използва системата за подпитка/продувка на първи контур чрез подаване на борен разтвор с концентрация 40 g/kg от система борен концентрат.

В режими на планово разхлаждане и запълване първи контур балансът на топлоносителя се поддържа чрез система боросъдържаща вода в реакторно отделение, която подава разтвор с концентрация на борна киселина не по-малко от 16 g/kg, в система подпитка/продувка на I контур.

При аварийни ситуации за повишаване концентрацията на  $H_3BO_3$  в топлоносителя на I контур се използват системата за аварийно въвеждане на борен разтвор - високо налягане и система за аварийно разхлаждане на активната зона средно налягане .

При аварии със загуба на топлоносител системата за аварийно и планово разхлаждане на зоната, както и пасивната част на САОЗ обезпечат подкритичност на активната зона чрез въвеждане на борен разтвор с концентрация 16 g/kg.

#### **3.3.2.1.1.2.1 Система за подпитка/продувка**

Системата за подпитка/продувка е система за нормална експлоатация. Основните й функции, свързани с борното регулиране са:

- Запълване на първи контур с разтвор на борна киселина;
- Поддържане на материалния баланс на топлоносителя в първи контур (поддържане на нивото в компенсатора на налягане на първи контур при дадена мощност на реакторната инсталация);

- Дегазация и връщане в първи контур на организирани дренажи и компенсиране на възможни малки течове от първи контур в режими на нормална експлоатация и при отклонения от нормалната експлоатация;
- Компенсация на бавните изменения на реактивността от изгаряния и отравяне на горивото чрез изменение на концентрацията на борна киселина в първи контур при пускания и при изменение на натоварването;
- Създаване на необходимата подкритичност при спиране на реактора;
- Поддържане на показателите за водно-химичен режим в съответствие с нормите във всички режими на нормална експлоатация на блока;
- В състава на системата влизат следните функционални подсистеми:
- Деаерация на продувъчната и подпитъчната вода на първи контур -;
- Подпитъчни агрегати - 3 бр;
- Магистрала за подпитка;
- Подаване на уплътняваща вода към ГЦП и към автономен контур;
- Сливане на вода от уплътненията на ГЦП;
- Деаерация и подаване на дестилат (борно регулиране);
- Продувка на първи контур.

#### **3.3.2.1.1.2.2 Система борен концентрат**

Системата е предназначена за подаване на борен концентрат на смукателната страна на подпитъчните помпи в режим на увеличаване на концентрацията на борна киселина в първи контур при компенсиране на измененията на реактивността по време на пускане и спиране на блока, а също и за дозапълване на резервоарите за борен концентрат на системите за безопасност.

Система борен концентрат се намира в постоянна готовност за подаване на борен концентрат в първи контур (резерв). Помпите се намират в резерв и при необходимост, подават борен концентрат на смукателната страна на подпитъчните помпи. Въвеждането на система борен концентрат в състояние "резерв" се извършва преди зареждането на активната зона с гориво.

Системата разполага с два резервоара с полезен обем  $192 \text{ m}^3$  всеки. Общия обем борен разтвор с концентрация на  $\text{H}_3\text{BO}_3$  по-голяма или равна на  $40 \text{ g/kg}$  при експлоатация на блока се поддържа не по-малък от  $200 \text{ m}^3$ .

#### **3.3.2.1.1.2.3 Система боросъдържаща вода в реакторно отделение**

Системата е предназначена за:

- Приемане на боросъдържащи води в баци;
- Запълване на I-ви контур с разтвор на борна киселина;
- Подаване на боросъдържащи води към система СВО-6 за концентриране;
- Запълване на БАП;
- Запълване (дозапълване) на БОК с разтвор на борна киселина.

Система боросъдържаща вода в реакторно отделение разполага с два резервоара с полезен обем  $468 \text{ m}^3$  всеки.

В режим на извеждане на реактора в критично състояние в единия бак трябва да има борен разтвор с концентрация на  $\text{H}_3\text{BO}_3$  по-голяма или равна на  $16 \text{ g/kg}$  и обем повече от  $250 \text{ m}^3$ , а в другия трябва да има свободен обем не по-малко от  $300 \text{ m}^3$  за приемане на продувката

на топлоносителя при водообмен.

Преди започване на операции по планово спиране на блока в единия бак трябва да има борен разтвор повече от  $250 \text{ m}^3$  с концентрация на  $\text{H}_3\text{BO}_3$  по-голяма или равна на  $16 \text{ g/kg}$ .

#### **3.3.2.1.1.2.4 Система за аварийно въвеждане на борен разтвор в активната зона високо налягане**

Системата е предназначена за аварийно подаване на висококонцентриран разтвор на бор в първи контур при експлоатационни състояния и аварийни условия, свързани с отделяне на положителна реактивност в активната зона на реактора при съхранение на високо налягане в първи контур ( $90\text{-}180 \text{ kgf/cm}^2$ ).

Системата се състои от три независими канала, всеки един от каналите осигурява 100% функциите на системата. Основните елементи на всеки канал са:

- $15 \text{ m}^3$  резервоар с разтвор на борна киселина ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) с концентрация  $\geq 40 \text{ g/kg}$  ;
- помпа за подаване на борна киселина с високо налягане с производителност  $6.0 \text{ t/h}$  и номинално налягане на напорната страна  $15.69 \text{ MPa}$ ;
- тръбопроводи и арматура.

3.3.2.1.2 Системи, които осигуряват подкритичност на БОК.

#### **3.3.2.1.2.1 Басейн за отлежаване на касети (БОК)**

БОК осигурява подкритичност на отработилото гориво не по-малка от 5% чрез:

- надеждното дистанциониране на клетките за съхранение в течение на целия срок на експлоатация на БОК;
- използване на ефективни неподвижни хетерогенни поглътители, които не губят свойствата си в процеса на експлоатация. Клетките за ТОК са изработени от борирана неръждаема стомана. Поглъщащата способност (при изгаряне на  $\text{V}^{10}$  и намаляване на дебелината на стената за сметка на корозията) на клетките на стелажите се запазва в течение на целия срок на експлоатация;

Поддържането на нивото и водно-химичния режим на БОК се осигурява от системата за почистване на водата от БОК (СВО- 4).

При отлежаване на горивото нивото се поддържа на кота  $+28.8 \text{ m}$ . Оста на смукателните тръбопроводи се намира на кота  $+28.1 \text{ m}$ , а главите на касетите се намират на кота  $+25.9 \text{ m}$ . Напорните тръбопроводи влизат практически до пода на горивните отсеци и са оборудвани с устройства за пасивен срив на сифона на котата на прелива.

В режим на презареждане нивото на водата се поддържа на кота  $+36.2 \text{ m}$  и е необходим допълнителен обем вода, който се осигурява от системата за дрениране и запълване на БОК (СВО- 4).

#### **3.3.2.1.2.2 Система за почистване на водата от басейните за отлежаване на касети**

Системата за почистване на водата от басейните за отлежаване на касети е обща за блокове 5 и 6 и е предназначена за:

- Дрениране и запълване на БОК.
- Почистване на  $\text{H}_3\text{BO}_3$  разтвор от БОК
- Почистване на  $\text{H}_3\text{BO}_3$  разтвор от басейните за аварийна подпитка.
- Приемане на  $\text{H}_3\text{BO}_3$  ниска концентрация от система боросъдържаща вода в реакторно отделение за концентриране.
- Съхраняване и пречистване на разтвори от борна киселина от 5, 6 Блок и СК-3.

Системата се състои от две основни части:

Първа част: Система за приемане, съхраняване, корекция на концентрацията и транспор-тиране на разтворите до консуматорите.

Втора част: за почистване на разтворите чрез механично и йонообменно филтруване

Системата се състои от:

- Филтърна линия с 2 механични филтъра, катионов филтър, анионов филтър и ловушка;
- 4 резервоара за борни води с вместимост  $400 \text{ m}^3$  всеки;
- 3 помпи за борен разтвор.

### **3.3.2.2 Топлоотвеждане от реактора към крайния поглътител на топлина.**

Основен краен поглътител на топлината от реакторите на блокове 5 и 6 се явява водата на река Дунав. При загуба на основен краен поглътител са предвидени системи за отвеждане на топлината към алтернативен краен поглътител на топлина – атмосферата.

Отвеждането на топлината към основния краен поглътител се обезпечава от Система циркуляционна вода.

Отвеждането на топлината към алтернативния краен поглътител се обезпечава от Система техническа вода група „А”. Системата циркулира по затворен контур и отдава топлината от реактора към атмосферата чрез бризгални басейни.

В горещо състояние топлината от парогенераторите на РИ се отвежда чрез БРУ-К към кондензаторите на турбината, които се охлаждат от системата.

При разхладен реактор (температура по-ниска от  $90^{\circ}\text{C}$ ) отнемането на топлина от реактора се осъществява чрез системата за отвеждане на остатъчното енергоотделяне към системата за техническа вода група „А” към бризгални басейни. В този случай краен поглътител се явява атмосферата.

В процеса на разхлаждане на реактора в температурния диапазон  $90 - 150^{\circ}\text{C}$ , могат да се използват и двата крайни поглътителя.

В режими със загуба на основния краен поглътител топлината от реактора се отвежда към атмосферата посредством парогенераторите и системата за техническа вода група „А”.

Отвеждането на топлината от реактора към алтернативния краен поглътител посредством парогенераторите се осъществява чрез изпускане на парата в атмосферата през БРУ-А и подхранване на ПГ от системата за аварийна питателна вода.

#### **3.3.2.2.1 Съществуващи канали и средства за отвеждане на топлината от реактора към крайния поглътител**

##### **3.3.2.2.1.1 Система за аварийно и планово разхлаждане на активната зона ниско налягане**

Системата за аварийно и планово разхлаждане на активната зона ниско налягане съчетава функциите на защитна система за безопасност и система за ноармална експлоатация. Системата е предназначена за:

- аварийно разхлаждане на активната зона на реактора и следващо продължително отвеждане на остатъчната топлина от активната зона при аварийни условия, свързана с изтичане от първи контур, включително разкъсване на ГЦТ (Ду 850) в пълното му сечение с безпрепятствено двустранно изтичане на топлоносител като осигурява подаване в първи контур на разтвор от борна киселина с концентрация повече от  $16 \text{ g/kg}$  с разход  $250 \div 300 \text{ m}^3/\text{h}$  при налягане в първи контур  $\leq 2.16 \text{ MPa}$  и  $700 \div 750 \text{ m}^3/\text{h}$  при налягане в първи контур  $0.098 \text{ MPa}$

- планово разхлаждане на първи контур по време на спиране на реактора и отвеждане на остатъчната топлина от активната зона при ремонт и презареждане на горивото.

Системата се състои от три независими канала, като всеки един от каналите осигурява 100% функциите на системата. Основните елементи на всеки канал са:

- Помпа за аварийно разхлаждане
- Теплообменник за планово и аварийно разхлаждане
- Резервоар за аварийна подпитка (БАП), с обем 707 m<sup>3</sup>, общ за трите канала.

БАП е съставна част от пода на херметичната обвивка и е запълнен с борен разтвор с концентрация 16 g/kg. Горната част на резервоара е с общ таван, в който има три отвора с площ 1 m<sup>2</sup>. Тези отвори са разположени в най-ниската кота на хермозоната и през тях се предвижда сливане на изтичащата от първи контур вода в случай на авария.

Обемът на БАП е определен с оглед компенсиране на невъзвратимите загуби на вода, подавана от аварийните помпи в обема на херметичната обвивка и осигуряване на достатъчен кавитационен запас за нормалната работа на помпите от системите за безопасност.

#### **3.3.2.2.1.2 Система за аварийно разхлаждане на активната зона средно налягане**

Системата е защитна система за безопасност, предназначена за аварийно подаване в първи контур на разтвор на H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> с концентрация ≥40 g/kg при аварийни условия, при съхранение на високо налягане в първи контур, а също така за компенсиране на течове в режими с разгерметизиране на първи контур.

Системата се състои от три независими канала, като всеки един от каналите осигурява 100% функциите на системата.

Всеки канал на системата се състои от:

- 15 m<sup>3</sup> резервоар с разтвор на H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> с концентрация ≥40 g/kg;
- помпа;
- тръбопроводи и арматура.

Всеки от каналите е свързан с басейн за аварийен борен разтвор (БАП)

#### **3.3.2.2.1.3 Система за аварийно разхлаждане на активната зона (САОЗ) - пасивна част**

Системата е защитна система за безопасност, предназначена за заливане на активната зона при авария с голяма загуба на топлоносител, когато налягането в първи контур падне по-ниско от 5.9 МПа (60 kgf/cm<sup>2</sup>).

Концентрацията на бор в хидроакумулаторите 16 g/kg осигурява подкритичност в активната зона на реактора.

Системата е проектирана така, че обемът на разтвора с борна киселина в три хидроакумулатора да е достатъчен при възникване на двустранно разкъсване на ГЦТ, за разхлаждане на активната зона до включване на активната част на САОЗ – Система за аварийно и планово разхлаждане – ниско налягане.

Системата включва четири независими кръга, всеки от които се състои от:

- един хидроакумулатор с обем на водата 50 m<sup>3</sup>;
- съединителни тръбопроводи с арматура (Ду300 mm);
- по два изолиращи клапана и по два обратни клапана на всеки тръбопровод.

#### **3.3.2.2.1.4 Система за аварийно подаване на питателна вода в парогенераторите**

Системата за аварийно подаване на питателна вода в парогенераторите е защитна



система за безопасност, предназначена за подаване на питателна вода към парогенераторите в аварийни условия, свързани със загуба на външно електрозахранване на блока и при нарушаване на нормалното подаване на питателна вода в парогенераторите.

Системата се състои от три независими канала. Всеки канал включва:

- една аварийна питателна помпа;
- един резервоар със запас от химически обезсолена вода с вместимост 500 m<sup>3</sup>;
- тръбопроводи и арматура.

Първи канал може да подава вода към всички парогенератори.

Втори канал може да подава вода към парогенератори 1 и 4.

Трети канал може да подава вода към парогенератори 2 и 3.

#### **3.3.2.2.1.5 Система за алтернативна подпитка на парогенераторите**

Алтернативната система за подхранване на ПГ е предназначена да осигури подаването на питателна вода към парогенераторите в условията на пълна загуба на променливотокови източници с цел осигуряване на надеждно отвеждане на остатъчното енергоотделяне от активната зона в течение на не по-малко от 24 h. [1] [2]

Електрозахранването на помпата и КИП се съществува от мобилен дизелгенератор.

Алтернативната система за подхранване на ПГ се състои от:

- източник за обезсолена вода - резервоарите на система за аварийно подаване на питателна вода в парогенераторите;
- помпен агрегат;
- тръбопроводи и арматура.

Смукателният тръбопровод на помпата е присъединен чрез тройник към смукателния тръбопровод на помпата на първи канал от системата за аварийно подаване на питателна вода в парогенераторите. Свързването на помпата се осъществява чрез един ръчен вентил.

Напорният тръбопровод е присъединен към напорния колектор на помпата на първи канал от системата за аварийно подаване на питателна вода в парогенераторите. Свързването на помпата се осъществява чрез два последователно разположени ръчни вентила.

#### **3.3.2.2.1.6 Система за защита на втори контур от превишаване на налягането**

Системата е защитна система за безопасност, предназначена за защита на втори контур от превишаване на допустимото налягане посредством:

- предпазване на втори контур от превишаване на налягането (БРУ-А и предпазни клапани, разположени в частта на главни паропроводи);
- изолиране на отделен ПГ в случай на разкъсване на тръбопровод в границите на реакторно отделение, както и в машинна зала (обратни клапани, изолираща арматура, разположени в частите на паропроводи и тръбопроводи питателна вода).

На паропроводите от всеки парогенератор са поставени по два предпазни клапана - един контролен и един работен, защитаващи корпуса на парогенератора и паропроводите от прекомерно повишение на налягането в аварийни условия. След предпазните клапани на паропровода е монтирано устройство БРУ-А, а след него последователно са монтирани БЗОК и обратния клапан.

На линията за питателна вода към всеки ПГ има монтирани по две изолиращи арматури и по два последователно разположени обратни клапана.

При повишаване на налягането над 74 kgf/cm<sup>2</sup> се извършва принудително отваряне на клапаните по блокировка и изключване на веригите на регулаторите от

изпълнителните механизми. След снижаване на налягането под  $74 \text{ kgf/cm}^2$  регулаторите се включват в работасъс задание да поддържат налягане  $68 \text{ kgf/cm}^2$  с неравномерност  $0.5 \text{ kgf/cm}^2$ .

При снижение на налягането до  $64 \text{ kgf/cm}^2$  става пълно затваряне на БРУ-А.

За регулируемо изхвърляне на парата от парогенераторите в атмосферата са монтирани бързодействащи редуциращи устройства (БРУ-А). БРУ-А и ПК КГ се използват за разхлаждане на първи контур при изключване на турбината и невъзможност да се подаде пара в кондензаторите.

Извършена е модернизация на системата, при която са заменени проектните предпазни клапани на ПГ на блокове 5 и 6 в АЕЦ "Козлодуй" с предпазни клапани по нов проект, квалифицирани за работа с пароводна среда и възможност за ръчно управление в целия диапазон на изменение на налягането в ПГ.

#### **3.3.2.2.1.7 Система за изхвърляне на парата в кондензатора**

Системата за изхвърляне на парата в кондензатора е система за нормална експлоатация, важна за базопасността, и изпълнява следните функции:

- Ограничаване на налягането на свежата пара в случай на изключване на турбината или генератора;
- Регулиране на налягането на свежата пара в режим на пускане на блока;
- Регулиране на скоростта на разхлаждане на блока в режим на спиране на блока.

Системата за байпасно отвеждане на свежата пара от главния парен колектор към кондензатора се състои от:

- Регулатори БРУ-К;
- Пароприемни устройства за приемане на парата в кондензаторите и намаляване на нейната температура;
- Арматура на линията за впръск на основен кондензат в пароприемните устройства;
- Филтри на линията за впръск на основен кондензат в пароприемните устройства.

#### **3.3.2.2.1.8 Система за техническо водоснабдяване на потребители от група "А"**

Системата за техническо водоснабдяване на отговорните потребители е осигуряваща система за безопасност, предназначена за отвеждане на топлината от охладаното оборудване във всички експлоатационни състояния и аварийни условия. Всеки от каналите на системата е подсигурен с двусекционни бризгални басейни, които се явяват крайният погълтител на топлина от активната зона. Всеки от каналите на системата може да изпълни самостоятелно функцията разхлаждане на активната зона. Водата в системата циркулира по затворен контур. Първоначалното запълване и компенсирането на загубите на флуид от системата се извършва чрез подпитка от двете ЦПС 3 и 4 (циркуляционни помпени станции на блокове 5 и 6), които използват като източник на вода наличните запаси на площадката (в студения канал). За резервно подаване вода към бризгалните басейни на се използват ШПС (шахтови помпени станции) през метален напорен подземен тръбопровод.

Системата се състои от две части с различни обозначения:

- в Реакторно отделение;
- извън Реакторно отделение.

Частта извън реакторно отделение осигурява охлаждаща вода за следното оборудване и системи:

- охлаждане на дизелгенераторите (ДГ);
- вентилационни системи на дизелгенераторите;

- кондиционери в помещенията на дизелгенераторите;
- системи на компресорната установка.

Частта в реакторно отделение осигурява охлаждаща вода за следното оборудване и системи:

- оборудването на защитните системи за безопасност;
- оборудването на осигуряващите вентилационни системи;
- охлаждане на басейна с отработило гориво.

На всеки блок са монтирани по 3 независими канала за техническо водоснабдяване на реакторно отделение, осигуряващи работа на централата в нормален режим, режим на планово разхлаждане, а така също в аварийни условия.

### **3.3.2.2.1.9 Система за циркуляционна вода**

Системата за циркуляционна (основна охлаждаща) вода е система за нормална експлоатация, която осигурява отвеждане на топлината от кондензацията на парата от кондензаторите на турбината, кондензаторите на турбозадвижванията на питателните помпи, а също така осигурява подаване на вода към пароструйните ежектори на вакуумната система на кондензаторите на турбините и към блочните трансформатори и други консуматори в турбинна зала.

Състои се от 6 циркуляционни линии, по една за всеки отсек на кондензатора, всяка от които включва циркуляционна помпа и циркуляционни водоводи.

Работата на основната система за охлаждане е по правотокова схема с водочерпене от р. Дунав чрез студения канал и изпускане на горещата вода в р. Дунав през топлия канал.

### **3.3.2.3 Топлоотвеждане от БОК към крайния погълтител на топлина.**

#### **3.3.2.3.1 Средства за топлоотвеждане**

Горивото в БОК се охлажда от система за топлоотвеждане от БОК към крайния погълтител на топлина във всички проектни режими с изключение на режимите с изолиране на СХО.

#### **3.3.2.3.1.1 Система за охлаждане на БОК**

Системата се състои от три канала и включва три помпи за охлаждане на басейна, три топлообменника на смукателната страна на всяка от помпите, тръбопроводи и арматура. Каналите са съединени помежду си с връзки на смукателните и напорни тръбопроводи, които позволяват осъществяването на превключване от един канал на друг в случай на отказ на някой от каналите. На напорните и смукателните тръбопроводи са поставени по три локализиращи бързодействащи арматури, от които едната се намира в херметичната обвивка. Теплообменниците на системата се охлаждат от системата за техническо водоснабдяване на потребители от група "А", като всеки канал се охлажда от отделен канал на системата за техническо водоснабдяване на потребители от група "А".

Производителността на всеки от трите канала на системата е такава, че всеки канал може самостоятелно да осигури отвеждане на остатъчно топлоотделяне от басейна във всички режими на работа на системата.

Всеки канал на система за охлаждане на БОК осигурява рецикулация на вода през басейна с разход от 300 до 600 m<sup>3</sup>/h и температура не повече от 45°C, което съответства на максимална температура на охлаждащата вода от системата за техническо водоснабдяване на потребители от група "А" - 33°C.

Басейнът за отлежаване е постоянно запълнен с разтвор на борна киселина с номинални ниво и температура.

В режим на съхранение на горивото има достатъчен резерв, позволяващ в случай на отказ на един канал да се осигури надеждно отвеждане на остатъчното топлоотделяне от горивото. Включването на резервния канал се прави от оператора дистанционно.

В аварийни режими с отказ на всички канали на системата за охлаждане на БОК отвеждането на остатъчното топлоотделяне на съхраняваното гориво става чрез изпаряването на водата от басейна. За предотвратяване на недопустимо понижаване на нивото в горивните отсеци и оголването на горивото при изолиране на СХО се използва аварийна подпитка чрез помпи на спринклерната система от БАП. Включването на линията за аварийна подпитка се прави дистанционно от оператора.

#### **3.3.2.4 Топлоотвеждане от херметичната зона към крайния поглъtitел на топлина.**

Последна бариера срещу освобождаване в околната среда на продукти на делене се явява системата на херметичната обвивка. Тя изпълнява следните функции:

- предотвратява или ограничава разпространението на отделени при аварийни условия радиоактивни вещества в границите за локализираня обем;
- ограничава въздействието на йонизиращите излъчвания.

Общия свободен обем на СХО е приблизително 60 000 m<sup>3</sup>. Системата се състои от следните елементи:

- стоманобетонни ограждащи конструкции на защитната обвивка, включващи системата за предварително налягане на обвивката;
- херметична метална облицовка;
- шлюзове за осигуряване на радиационна безопасност на транспортните комуникации, свързващи хермозоната на реакторно отделение с външната среда;
- локализираща арматура, предназначена за херметизация на СХО чрез изолиране на тръбопроводите, свързващи системите или техните елементи, разположени в хермозоната със системи или елементи, разположени извън хермозоната;
- херметични проходки, осигуряващи херметично пресичане на обвивката от такива комуникационни линии като: електрически кабели, тръбопроводи, вентилационни тръби, канали на йонизиращи камери;
- локализираща арматура;
- участъци от технологични тръбопроводи, изпълняващи функции на елементи за херметична обвивка.

Защитната обвивка е изпълнена от предварително наляган стоманобетон във форма на цилиндър. Стоманобетонната конструкция на обвивката е предназначена за възприемане на аварийни натоварвания, посредством специална система от въжета, с които се извършва налягането, така че тази конструкция да издържи на 5 kgf/cm<sup>2</sup> вътре в обема.

Конструкциите на СХО са разчетени на въздействие на ударна вълна с директно налягане до 0.03 MPa и продължителност на фазата на съгъстяване до 1 s.

Вътрешната страна на защитната обвивка е облицована с метални листи, чрез което се осигуряват проектните изисквания за херметичност.

Компановката на вътрешните конструкции на защитната обвивка е изпълнена по такъв начин, че те защитават СХО от действие на струи, ударни вълни, летящи предмети и други аварийни условия.

В изпълнение на Програмата за модернизация на блокове 5 и 6 е монтирана система за контрол на концентрацията и свързване и рекомбинация на водорода.

Системата за измерване на водорода служи за непрекъснато и едновременно

измерване на местните концентрации на водород на различни места в СХО по време на експлоатация, както и след авария със загуба на топлоносител (LOCA).

Системата за свързване и рекомбинация на водорода служи за намаляване на концентрацията на водород в СХО по време и след авария със загуба на топлоносител (LOCA).

Системата за свързване и рекомбинация на водорода е проектирана да ограничава концентрацията на H<sub>2</sub> до 4 об.%, за да се избегне взрив на водорода в херметичната обвивка по време на LOCA.

#### 3.3.2.4.1 Средства за топлоотвеждане

##### 3.3.2.4.1.1 Спринклерна система

Системата е предназначена за локализация на аварии чрез кондензация на изпарилата се част от топлоносителя, изхвърлен в херметичната обвивка.

Системата изпълнява и следните задачи:

- охлажда и понижава налягането в обвивката до атмосферното, чрез впръскване на студена борирана вода в СХО;
- аварийно подхранва отсеците на БОК в случай на отказ на системата за охлаждане на БОК.

Системата се състои от три независими канала за подаване на спринклерен разтвор в СХО, като всеки канал се състои от:

- резервоар за концентриран борен разтвор;
- помпа;
- водоструйна помпа;
- тръбопроводи и арматура.

##### 3.3.2.4.1.2 Система за филтърно понижаване на налягането

Системата е монтирана в изпълнение на Програмата за модернизация на блокове 5 и 6. Обосновката за поставянето на системата е повишаване на нивото на безопасност на блока при надпроектни аварии.

Системата за ФПН смекчава последиците от тежка авария, като предотвратява свръхналягане в СХО.

Системата за ФПН се състои от:

- скруббер тип Вентури с вграден филтър с метални нишки и дюзи тип Вентури;
- входящ тръбопровод на системата за ФПН;
- разкъсваща се мембрана, проектирана да се разкъса при абсолютно налягане 0.5 МРа, т.е. близо до проектното налягане в СХО;
- изолиращи клапи на СХО, които са нормално затворени;
- изходящ тръбопровод на системата за ФПН.

#### 3.3.2.5 Разположение, ограничения във времето и източници на ел. захранване на каналите за отвеждане на топлина.

##### 3.3.2.5.1 Разположение на каналите за отвеждане на топлина

Оборудването и тръбопроводите на всички активни системи за безопасност, предназначени за охлаждане на реактора, басейна за отлежаване на касетите и СХО са разположени във физически разделени и защитени от външни въздействия помещения в реакторната сграда.

Каналите на системата за Системата за техническо водоснабдяване на отговорните потребители са пространствено разделени.

Бризгалните басейни са разположени западно от главните корпуси на 5 и 6 блокове. Подземните тръбопроводи от басейните до помпите са трасирани до съответната ДГС.

Помпите са разположени в съответните ДГС – две помпи (работеща и резервна) в една клетка ДГС.

Напорните тръбопроводи са трасирани към и от охлажданото оборудване.

#### 3.3.2.5.2 Ограничения във времето на работа на различните канали за отвеждане на топлина

Няма ограничения във времето на работа на различните канали за нормално отвеждане на топлината към основния краен погълтител на топлина.

В аварийни режими при загуба на външно електрозахранване отвеждането на топлина се осъществява към алтернативния краен погълтител на топлината чрез системата за техническа вода отговорни потребители - група "А", чиито бризгални басейни (ББ) разполагат с максимален обем 8250 m<sup>3</sup> всеки. Обемът на водата във всеки ББ е достатъчен, за да захранва с вода охлаждащите системи 30 часа без допълнително захранване. Минималното количество вода във всеки ББ е 1650 m<sup>3</sup>.

#### 3.3.2.5.3 Източници на променливо-токово и право-токово електрозахранване на всеки канал

Електрозахранването на активните компоненти за всеки канал на системи за безопасност се обезпечават от съответния канал на системата за надеждно електрозахранване I и II категория.

Дизелгенераторът е разчетен да работи на номинален товар без обслужване 240 часа при възможност за запълване на резервоара за съхранение на гориво.

Капацитетът на резервоара за съхранение на гориво е 100m<sup>3</sup> и позволява работа 72 часа при пълен товар.

#### 3.3.2.5.4 Охлаждане на оборудването към каналите за отвеждане на топлина

Осигурено е дългосрочно отвеждане на топлината от оборудването на каналите чрез работата на вентилационните системи за съответните помещения, като по-важните от тях са захранени от секции надеждно захранване втора категория.

### **3.3.2.6 Променливо-токово електрозахранване.**

#### 3.3.2.6.1 Външно електрозахранване.

Външното електрозахранване на 5 и 6 блок на АЕЦ "Козлодуй" се осъществява чрез ОРУ 400 и 220 kV.

#### **3.3.2.6.1.1 Надеждност на външното електрозахранване**

Връзката на блоковете с ОРУ се осъществява на страна 400 kV на трансформатори 9GC01,02. За повишаване на надеждността е монтиран генераторен прекъсвач 9GQ00A01 (HEC7), като трансформатори собствени нужди са присъединени между прекъсвача и блочните трансформатори. По такъв начин потребителите на собствените нужди на блока могат да се захранват от трансформатори собствени нужди при изключен генератор. Връзките между елементите на главната схема на блока и отклоненията към трансформатори собствени нужди са осъществени с помощта на шинопроводи 24 kV. В отклоненията за трансформатори собствени нужди няма комутационна апаратура, с което се повишава надеждността.

За повишаване на надеждността и за намаляване на вероятността от пълно обезточване на ОРУ 400 kV, уредбата е изпълнена във вид на двойна секционирана шинна

система.

Двата трансформатора резервно захранване към всяка от тези две групи трябва да работят едновременно, т.е. двата трансформатора резервно захранване в групата също се считат за един елемент от гледна точка на надеждността.

На ОРУ между уредби 400 kV и 220 kV, както и между уредби 220 kV и 110 kV са осъществени връзки през автотрансформатори.

При разпадане на ЕЕС, основните източници на външно захранване на АЕЦ Козлодуй са следните:

1. Получаване на електрозахранване от съседни ЕЕС;
2. Получаване на електрозахранване от ВЕЦ с възможности за черен старт;
3. Аварийните коридори за подаване на захранване на собствените нужди на АЕЦ и ТЕЦ (до всеки обект има най-малко два коридора от два независими източника).

#### **3.3.2.6.1.2 Свързване на централата към външната електропреносна мрежа**

АЕЦ "Козлодуй" е присъединен към ЕЕС с електропроводни линии на напрежение 400, 220 и 110 kV.

Броят на електропроводните линии 400 kV, изходящи от АЕЦ, е 8 транзитни, от които 2 между системни линии към ЕЕС на Румъния и 6 линии към подстанции вътре в страната.

Броят на линиите 220 kV, изходящи от АЕЦ, е 5, от които, 3 транзитни линии към подстанции в страната и 2 лъчеви линия към брегова помпена станция (БПС).

Броят на линиите 110 kV, изходящи от АЕЦ, е 4, от които 3 транзитни и 1 лъчева линия към районни подстанции в страната.

Общо АЕЦ е присъединена към 17 електропровода, от които 14 транзитни и 3 лъчеви.

Връзката на блокове 5 и 6 и с ОРУ се осъществява на страна 400 kV на блочните трансформатори, чрез двойна секционирана шинна система.

Към ОРУ 220 kV са присъединени две групи от по два трансформатора резервно захранване 220/6/6 kV, 63/31.5/31.5 MVA.

Между уредби 400 kV и 220 kV, както и между уредби 220 kV и 110 kV са осъществени връзки през автотрансформатори.

#### **3.3.2.6.2 Разпределение на електрозахранването собствени нужди (СН) в централата.**

Собствените нужди на енергоблокове 5 и 6 на АЕЦ при нормална експлоатация се захранват от шини 24 kV след генераторния прекъсвач НЕС-7 чрез трансформатори собствени нужди с разцепени намотки 24/6/6 kV с мощност 63/31.5/31.5 MVA, които захранват секции нормална експлоатация. За нормалната работа на блока е необходима едновременната работа и на двата трансформатора собствени нужди, т.е. двата трансформатора собствени нужди за един блок се считат за един елемент от гледна точка на надеждността.

С помощта на АВР при отпадане на захранването на трансформатори собствени нужди се подава захранване от група трансформатори резервно захранване от ОРУ 220 kV в зависимост от избрания приоритет на АВР.

Резервните секции 6 kV на блока се захранват от ОРУ 220 kV през трансформатори резервно захранване с мощност 2x63MVA, предназначението на които е да трансформират напрежението от 220 kV на 6.3 kV и да осигурят резервно захранване на собствените нужди на блока (секции нормална експлоатация) при изключени от работа трансформатори собствени нужди.

КРУ 6 kV и 0.4 kV са предназначени за разпределение на електроенергията от

захранващи трансформатори към консуматорите за собствени нужди на АЕЦ.

Връзките 400 kV и 220 kV са осъществени чрез въздушни линии, свързващи трансформаторните площадки на блокове 5 и 6 с ОРУ.

Трансформаторите на площадката са разделени със защитни стени и имат автоматично пожарогасене.

Системата от шини 24 kV е изпълнена във вид на шинопроводи с елегазова инсталация.

Връзките 6 kV и 0.4 kV са осъществени чрез кабели разположени в защитени кабелни канали коридори и шахти с автоматично пожарогасене.

Потребителите за СН на ел. енергия в АЕЦ се делят на 3 категории, според вида консумираната от тях ел. енергия и степента на надеждност на захранването им:

Потребители I категория – потребители на променлив и постоянен ток, недопускащи по условията за безопасност прекъсване на електрозахранването за повече от части от секундата (един полупериод 20 ms) във всички режими, включително и в режим на пълна загуба на напрежението на променлив ток от работните и резервните трансформатори собствени нужди (режим на обезточване), изискващи обезателно наличие на захранване след сработване на аварийната защита на реактора;

Потребители II категория – потребители на променлив и постоянен ток, които имат повишени изисквания към надеждността на електроснабдяването, и допускат прекъсване на електрозахранването за време, определено по условията на ядрената безопасност (от 15 s до 1 min - времето за пуск на ДГ и автоматичното включване на потребителите по АСП);

Потребители III категория – потребители на променлив ток, които нямат по-високи изисквания към надеждността на електрозахранването им, отколкото изискванията към електрозахранването на отговорните потребители на обикновените ТЕЦ.

За потребителите III категория системата за нормална експлоатация се явява единствен източник на ел. енергия. Към тези потребители се отнасят механизмите за СН на АЕЦ, които получават захранване от секции 6 kV и 0.4 kV и сборките към тях в главен корпус.

#### 3.3.2.6.3 Главни вътрешни източници на резервно захранване

##### **3.3.2.6.3.1 Система за надеждно електрозахранване на потребители собствени нужди II-ра категория.**

Към потребителите от тази категория спадат механизмите, осигуряващи разхлаждането на реактора и локализиране на аварията в различните аварийни режими при пълна загуба на напрежението на секции нормална експлоатация. Тази група механизми се захранват от секции II категория 6 и 0.4 kV и сборките към тях.

Работен източник на системите за надеждно захранване се явяват секции 6 kV III категория, щатно захранени от ЕЕС.

Аварийно захранване на системите за безопасност II категория, при загуба на напрежението на секции нормална експлоатация се осигурява от дизелгенераторните станции.

При възникване на аварийна ситуация сигналът за пуск на ДГ се подава независимо на всеки дизелгенератор. Включването на ДГ към секция II категория става с време по-голямо от времето на действие на АВР на блочните секции 6 kV (1.2 s).

Набиране на товар от ДГ се осъществява автоматично на степени (АСП).

Изборът на мощност на ДГ е направен при най-неблагоприятното съчетание на аварийни ситуации. Мощността на пусковата степен не превишава максимално допустимата



мощност на ДГ.

ДГ постоянно се намират в режим “горещ резерв” и са готови за автоматичен пуск и поемане на товар.

Дизелгенераторът е разчетен да работи на номинален товар без обслужване 240 часа

Системата за надеждно електрозахранване II категория (СНЕЗ-II) е предназначена за електроснабдяване на системите за безопасност.

#### **3.3.2.6.3.2 Система за надеждно електрозахранване на потребители собствени нужди I-ва категория**

Потребителите първа категория се делят на потребители на постоянен и променлив ток.

При нормална работа на блока тези потребители получават захранване от изправител на съответния щит за постоянен ток (ЩПТ), а при обезточването му - от съответната акумулаторна батерия (АБ) на ЩПТ.

От шините на ЩПТ се захранват съответните устройства за релейни защиты, управление и сигнализация, устройства за автоматика по системи за безопасност, автоматика и сигнализация по пожароизвестяване и пожарогасене, аварийно осветление и др.

Надеждното електрозахранване на потребители I категория от системи надеждно електрозахранване (СНЕЗ-I) се реализира чрез използването на агрегати за непрекъснато захранване АБП.

АБП е предназначен за:

- захранване с прав и променлив ток на потребители I категория при нормална работа на централата, а така също и в аварийни режими, в това число и при пълно обезточване;
- подзаряд на АБ в процес на нормална експлоатация.

#### **3.3.2.6.4 Допълнителни постоянно инсталирани източници на резервно захранване**

При загуба на външно захранване 5 и 6 блок разполагат с общоблочни дизелгенераторни станции, от които по процедура се захранват секции нормална експлоатация и част от оборудването за нормална експлоатация, което е необходимо за облекчаване на режима на разхлаждане на реакторната инсталация.

Допълнителният ДГ агрегат е с номинална мощност 5.2MW, като целта му е да осигурява захранване на блочни консуматори, ако при отказ на мрежата, АВР към 1во резервно и 2-ро резервно захранване също е отказал. Капацитетът на резервоара за съхранение на гориво е 100 m<sup>3</sup> и позволява работа 72 часа при пълен товар.

#### **3.3.2.6.5 Други източници на електрозахранване**

За обезпечаване на аварийно електрозахранване на консуматори от системите за безопасност в условия на пълна и продължителна загуба на напрежение за собствени нужди е предвиден мобилен ДГ (МДГ). Поради възможностите за мобилност МДГ изпълнява функциите на резервен ДГ, който при необходимост може да обезпечи захранване с електроенергия на част от консуматорите на един канал на система за безопасност.

Мобилният ДГ е последно средство за подаване на напрежение 6 kV към захранване СНЗ II категория в случаите, когато всички останали източници на електроенергия са неизползваеми.

#### **3.3.2.7 Батерии за правотоково захранване**

Акумулаторните батерии са съставна част на АБП, които осигуряват непрекъснатото захранване на консуматорите I категория на системите за безопасност.

Във всеки канал на системите надеждно захранване I категория е монтирана по една акумулаторна батерия без елементни комутатори.

Акумулаторните батерии работят в режим на постоянен заряд, като зареждането и дозареждането им се осигурява от изправителите на АБП. (вж. т 3.3.2.6.3.2)

Акумулаторните батерии са комплектовани със 106 клетки тип НСР-23, свързани последователно.

Капацитетът на една батерия е 927А/ч за 10-часова стойност. Акумулаторните батерии се разреждат за не по-малко от 3 часа с ток 305А или реален товар (инвертори) до 1,8 V на първите два най-слаби елемента (съгласно изискванията). При извършени реални изпитания на 5 блок на акумулаторната батерия на 2 канал на системата за безопасност на блока с включени всички възможни потребители в режим на пълно обезточване, акумулаторната батерия е захранвала тези потребители 10 часа и 18 минути, като е достигнато до напрежение 191 V. Батерията би следвало да изключи автоматично на 180 V и при направена екстраполация е пресметнато, че батерията може да издържи до 11 часа и 32 минути.

Препоръчаното напрежение на подзаряд за АБ – НСР23 е 2,25V/ел. Това напрежение е приложимо за всички температури в обхвата от 5°C до 35°C.

Акумулаторна батерия на 2 канал на системата за безопасност е комплектована със 106 бр. акумулаторни елемента тип Vb-2412 свързани последователно монтирани върху антисеизмични метални стелажи. Стелажът е оборудван с 10 акумулаторни батерии тип VB2412.

Капацитетът на батерията 1200 А/ч при 10 часов разряд до 1,8 V на елемент при температура 20°C.

Реалният товар на системата е приблизително 250 А с който батерията може да бъде разредена до крайно минимално напрежение 1,75 V на елемент.

Препоръчаното напрежение на подзаряд/зареждане е 2.23 V/клетка или 2.25V при 20°C.

### **3.4 Основни данни за ХОГ и СХОГ**

#### **3.4.1 Основни характеристики на хранилището за отработено гориво**

Хранилището за отработено гориво (ХОГ) от АЕЦ “Козлодуй” е предназначено за временно съхраняване под вода на отработено ядрено гориво (ОЯГ) от ВВЕР-440 и ВВЕР-1000 за 10-годишен период на експлоатация на всички блокове на АЕЦ “Козлодуй” и за изпълнение на транспортно-технологичните операции по неговото приемане, зареждането му в отсеците за съхраняване, съхраняването и извозването му от ХОГ при спазване на изискванията за осигуряване на безопасност. Хранилището е самостоятелно здание на площадката на АЕЦ, в което е разположен басейн с четири отсека за съхранение и съответното транспортно-технологично оборудване, необходимо за манипулациите с ОЯГ.

Ядрената безопасност при съхраняване на ОЯГ се осигурява чрез:

- ограничаване на стъпката на разполагане на касетите в контейнерите (“чохли”), стелажите, опаковките;
- използване на хетерогенни или хомогенни погълтители и контрол за тяхната поглъщаща способност или на тяхната концентрация;
- контрол на дълбочината на изгаряне на ЯГ при използването и в качеството на параметър на ядрената безопасност;
- контрол за разположението на касетите и погълтителите;
- контрол за технологичните параметри на комплекса от системи за съхранения и

работа с ЯГ.

### **3.4.1.1 Местоположение и особености на площадката**

Сградата на ХОГ е разположена в югозападния край на площадката на АЕЦ “Козлодуй”, южно от Спецкорпус-2.

Всички характеристики на площадката, значими за сградите и съоръженията на АЕЦ “Козлодуй” са валидни и за ХОГ.

### **3.4.1.2 Основни проектни решения**

#### **3.4.1.2.1 Концептуални решения**

Концепцията на проекта предвижда изграждане на обем, запълнен с вода, в който се поставят контейнерите, съдържащи отработени горивни касети. Водата служи едновременно за биологична защита и за охлаждане на ОЯГ. Около басейна за съхраняване на горивото се изгражда конструкция, осигуряваща възможност за изпълнение на транспортно-технологичните операции с ОЯГ и защита на околната среда и хората от недопустимо радиационно въздействие. Самият басейн с вътрешни прегради е разделен на отсеци, чрез което се повишава надеждността на съхраняване на горивото.

В помещенията на сградата, включваща басейна за съхраняване на ОЯГ са разположени конструкции, съоръжения и системи, осигуряващи безопасното извършване на дейностите по:

- приемане на ОЯГ от БОК на реактори ВВЕР-440 и ВВЕР-1000;
- вътрешно транспортиране и манипулиране с ОЯГ;
- съхраняване на ОЯГ под вода в отсеците на басейна;
- извозване на горивото за преработка;
- зареждане на контейнерите за сухо съхранение на ОЯГ.

#### **3.4.1.2.2 Принципни технически решения**

Строителната конструкция е проверена за преоценените сеизмични характеристики. Реализирано е предписаното укрепване и с това тя е квалифицирана като I категория по сеизмична устойчивост.

#### **3.4.1.2.3 Системи и съоръжения за съхраняване и транспорт на ОЯГ**

Системата представлява съвкупност от съоръжения и оборудване, предназначени за приемане, продължително съхраняване под вода, на касети и опаковки с ОЯГ.

В хранилището е разположен басейн за съхраняване на отработено гориво (БСГ) с четири отсека за съхранение (ОСГ) и съответното транспортно-технологично оборудване, необходимо за манипулациите с ОЯГ.

Системата включва: зала на хранилището пом. 201 (частта разположена над ОСГ) и БСГ състоящ се от: четири отсека за съхраняване на ОЯГ; предавателен коридор, свързващ всички отсеци на хранилището; рами за хидрозатворите; шахти за съхраняване на хидрозатворите.

Отработените касети отлежават най-малко 3 години в БОК, в реакторно отделение, след което отработените касети се поставят в транспортни чохла и се транспортират с транспортни контейнери до отсека за съхранение в ХОГ.

Транспортно-технологичното оборудване и съоръженията, се състоят от:

- кран мостов 160/32/8 t;
- кран мостов 16 t;
- презареждаща машина МПХОГ-440/1000;

- съоръжения и оборудване за транспорт и съхраняване на ОЯГ от реактори тип ВВЕР-440: контейнери ТК-6 и ВСПОТ, чохъл Т12/В-4, чохъл Т13/В-4, херметични пенали Т6/В-4, траверса 125 t, щанга с осветление тип I, щанга с осветление тип II, захват за работни касети, захват за касети АРК, захват за херметични пенали, гнездо за контейнера и капака, гнездо за чохли, площадка за контейнер, поставка за капака на контейнера;
- съоръжения и оборудване за транспорт и съхраняване на ОЯГ от реактори тип ВВЕР-1000: контейнер ТК13/3, чохъл 37/3, траверса 130 t, щанга с осветление, захват за капака на контейнер ТК13/3 и капака на чохъл 37/3, захват за касети ВВЕР 1000, поставка под контейнер ТК13/3, площадка за контейнер ТК13/3, поставка за капака на контейнер ТК13/3, гнездо за чохли тип 37/3, система за разхлаждане на контейнер ТК-13;
- съоръжения и оборудване за транспортно-технологични операции с контейнер “Констор 440/84” в ХОГ: стоманено-бетонен контейнер “Констор 440/84”, транспортно обръщащо устройство за контейнер “Констор 440/84” (подвижен кантовател), подемна скоба на контейнер “Констор 440/84” (траверса 135 t), помощно оборудване за зареждане, дрениране, уплътняване, вакуумно изсушаване, устройство за контрол на херметичността на касетите, заваръчна платформа, фрезоващо устройство за отстраняване на заваръчните шевове на капака на контейнера.

#### 3.4.1.2.4 Система за разхлаждане на водата на басейна за съхраняване на горивото

Системата е предназначена за отвеждане на остатъчното топлоотделяне на ОЯГ при неговото съхраняване в басейна. Системата включва: помпи за подаване на вода от отсеците на БСГ към топлообменниците за последващото ѝ охлаждане; пластинчати топлообменници за охлаждане на водата от БСГ; тръбопроводи и арматура от неръждаема стомана марки 12X1810T и 08X18H10T.

Охлаждаща вода през топлообменниците се осигурява от системите за надеждно техническо водоснабдяване (група “А”) на блокове 3 и 4, посредством тръбопроводите за охлаждаща вода към ДГС-2. Предвидена е връзка за аварийно подаване на охлаждаща вода от ППС-2.

#### 3.4.1.2.5 Система за почистване на водата на басейна за съхраняване на горивото

Системата за почистване на водата на басейна е предназначена за поддържане на такива физико-химически характеристики на водата, които гарантират корозионната устойчивост на обвивките на съхраняваните в нея ТОЕ.

Системата включва: две помпи, 3 йонообменни филтъра, филтър-уловител за смола, арматура, тръбопроводи Ду 50, Ду 100, силфонна арматура.

#### 3.4.1.2.6 Система за запълване, подхранване, преливане и изпразване на БСГ

Системата е предназначена за:

- първоначално запълване с ХОВ на отсеците в ХОГ;
- приемане на преливащите води от отсеците в ХОГ;
- подхранване с ХОВ на отсеците в ХОГ;
- приемане и съхраняване на водата от басейна при ремонт в отсеците.

Системата включва: 20 бр. буферни резервоари, всеки с обем от 60 m<sup>3</sup>; потопяеми помпи тип ГНОМ 100-25; бак за чист кондензат с обем 25 m<sup>3</sup>; помпа за подаване на чист кондензат; тръбопровод от СК 2 за подаване на ЧК от БЧК или ХОВ от Хим. цех; тръбопровод от ДСАПП 4 с възможност за подаване на вода от ДСАПП 4 и БЗК-4; резервна помпа за ХОВ; тръбопроводи и арматура.

#### 3.4.1.2.7 Система за събиране и връщане на протечките на вода от басейна за

## съхраняване на горивото

Служи за събиране и контрол на протечките от междуоблицовъчното пространство на БСГ, преливниците на отсеците за съхраняване на ОЯГ приемния отсек, отсека за презареждане на касети, предавателния коридор и от дренажния колектор на датчиците на КИП в ХОГ; връщане на протечките в отсеците за съхраняване на ОЯГ или подаване в спецканализация към резервоар.

Системата включва: резервоар, приемник на организирани протечки ; помпи за организирани протечки; тръбопроводи и арматура.

### 3.4.1.2.8 Система за вентилация

Системата е предназначена за поддържане на нормалния климат в помещенията на ХОГ и за изключване на разпространението на радиоактивни замърсявания, и непревишаване на дозовите граници за персонала, чрез:

- въздухообмен в помещенията, приет от разчета за създаване за разреждане 50 Ра и скорост на движение на въздуха 1 m/sec в отворената врата на помещение на първа зона и създаване на необходими санитарно-хигиенни условия за персонала в помещенията на втора, трета и четвърта зона;
- помещения на различните санитарни зони, обслужвани от различни вентилационни системи;
- изключено преминаване на въздуховодите на смукателната вентилация от помещения от 1/2 зона през помещения от 3/4 зона;
- изключено преминаване на въздуховодите на приточната вентилация от помещенията на трета зона в помещенията на първа и втора зона;
- резервни вентилационни агрегати на смукателните системи, обслужващи помещения на първа и втора зона, включващи се при спиране на основните;
- изхвърляне в атмосферата на въздуха, отделян от помещенията на 1/2 зона през тръба с височина 45 m;
- въздуховодите на смукателната вентилация в помещенията на първа и втора зона се изготвят чрез заварки без разединяващи се съединения.

В състава на системата влизат: 4 смукателни вентилационни системи с постоянен режим на работа, 3 приточни вентилационни системи с постоянен режим на работа; 10 смукателни вентилационни системи с непостоянен режим на работа; 7 приточни вентилационни системи с непостоянен режим на работа.

### 3.4.1.2.9 Система за радиационен контрол

Системата за радиационен контрол в ХОГ е предназначена за контрол на основните радиационни параметри, характеризиращи работата на хранилището във всички режими, включващи и проектните аварии. В състава на системата влизат: 7 прибора УИМ с по два канала на измерване с датчици БДМГ 41-01 (14 бр.); радиометър РКС 2-03 "Калина" с един канал на измерване, състоящ се от детекторен блок БДАБ2-01, междинен блок УСМ2-03 и електронно-измервателен пулт УВК2-04; 2 газодувки 1А11-30-4А; 14 монитора за гама лъчение ГИМ 204-7 с един канал за непрекъснато измерване на еквивалентната мощност на  $\gamma$ -дозата; аерозолен монитор NGM204 с два измервателни канала – измервателен канал АВРМ 201 – L, предназначен за непрекъснат мониторинг на обемната активност на алфа- и бета-активни аерозолни частици, и измервателен канал NGM 204-L предназначен за непрекъснат мониторинг на обемната активност на благородни газове; 20 въздухо-отбиращи устройства от помещенията с аналитични филтри АФА-РМП-20; арки за контрол на замърсеността на персонала РЗБ 04-04М – 2 броя и РВГ-61 – 1 брой; 6 сигнализатора за повърхностна замърсеност с  $\beta$ -емитери СЗБ-04; преносими прибори за радиационен

контрол; 40 бр. електронни сигнализиращи индивидуални дозиметри RAD100S.

#### 3.4.1.2.10 Система за електроснабдяване

Системата за електрозахранване на ХОГ е предназначена за обезпечаване на неговите потребители с електроенергия в нормални и аварийни режими. В състава на системата влизат: 2 трансформатора - 6/0,4 kV, 2 секции на разпределително устройство за собствени нужди -0,4kV, резервен дизелгенератор на ХОГ 0,4 kV.

Системата осигурява захранване на потребители, имащи различни изисквания по отношение на надеждността на захранването – допускащи продължително прекъсване, допускащи краткотрайно прекъсване и недопускащи прекъсване на ел. захранването – в зависимост от тяхното функционално предназначение.

Основното електрозахранване се взема от секции надеждно захранване на блокове 3 и 4, подаващи напрежение съответно на взаимно-резервиращи се секции I и II на ХОГ.

За потребителите от системите за безопасност се предвижда допълнително захранване от собствен ДГ на ХОГ, свързан към секция I. В аварийна ситуация е възможно директно захранване от мобилния ДГ.

#### 3.4.1.2.11 Система за технологичен контрол

Системата осигурява измерване и регистрация на параметрите, характеризиращи работата на технологичните системи и оборудването на ХОГ за всички възможни диапазони на измерване.

Системата за технологичен контрол изпълнява функциите:

- събиране на информация с помощта на местните показващи прибори;
- събиране на информация с първични преобразователи;
- преобразуване на топлотехническите параметри в електрически унифицирани сигнали 0-5 mA;
- подаване на сигнали на автоматичното управление и блокировки;
- предоставяне на оператора на информация за моментните стойности на контролируемите параметри и тяхната регистрация.

Показания и сигнализация са изведени на ЩУ в ХОГ и на БЩУ-4.

#### 3.4.1.2.12 Отвеждане на топлината от БСГ към крайния погълтител

Основният краен погълтител се явява р. Дунав чрез системата за техническа вода група „А” на 4 блок в режим отворена схема на охлаждане. Като алтернативен краен погълтител се явява атмосферата при затворена система за охлаждане, чрез бризгалните басейни посредством работата на системата за техническа вода група „А” на 4 блок.

### 3.4.2 Основни характеристики на сухото хранилище за отработено гориво

Една от мерките, залегнали в националната стратегия за управление на отработено ядрено гориво и радиоактивни отпадъци, приета от българското правителство с Решение №: 693/09.11.1999г., е изграждане на хранилище за сухо съхранение на отработено ядрено гориво (СХОГ), което ще приема отработено ядрено гориво от всички блокове на площадката на АЕЦ “Козлодуй”. За изпълнение на това изискване е избран минимален период на съхранение от 50 години.

#### 3.4.2.1 Местоположение и особености на площадката

Площадката е разположена на север-северозапад от съществуващата сграда на ХОГ на АЕЦ “Козлодуй” и се намира в границите на оградата на АЕЦ “Козлодуй”.

Всички характеристики на площадката, значими за сградите и съоръженията на АЕЦ “Козлодуй” са валидни и за СХОГ.

### **3.4.2.2 Основни проектни решения**

#### **3.4.2.2.1 Концептуални решения**

Технологията за съхранение представлява контейнерна система за съхранение с използване на контейнери с въздушно охлаждане чрез естествената конвекция. Контейнерите CONSTOR® 440/84 се използват за съхранение на касети с отработено ядрено гориво от ВВЕР-440. Контейнерите се разполагат в сграда, която осигурява физическа защита и защита от природни въздействия за дейностите по съхранението и спомагателното оборудване.

Контейнерите се зареждат с отработено ядрено гориво и се подготвят за съхранение в съществуващото ХОГ. Приоритетният принцип на контейнерната системата за съхранение е херметичното затваряне на касетите с отработено ядрено гориво в контейнерите при нормални и аварийни условия. Всички основни свързани с безопасността функции се постигат от самия контейнер. Тези свързани с безопасността функции са:

- радиационно екраниране;
- отвеждане на топлината от радиоактивното разпадане;
- херметично затваряне;
- поддържане на подкритичност.

#### **3.4.2.3 Описание на системите и оборудването**

Системите и оборудването съответстват на българските нормативни документи, на международните стандарти и отговарят на изискванията на техническия проект. Основните системи, включени в проекта на СХОГ, са както следва:

- вентилация и климатизация в залата за съхранение;
- системите за манипулации в СХОГ;
- транспортни системи;
- охранителни системи;
- оборудване осигуряващо мерки за защита съгласно изискванията на МААЕ;
- системи за контрол и управление;
- системи за мониторинг:
  - радиационен мониторинг;
  - система за мониторинг на контейнера.
- електрозахранване.

##### **3.4.2.3.1 Вентилация и климатизация в залата за съхранение**

Вентилацията осигурява в залата за съхранение отвеждане на топлината, генерирана в контейнерите, и по този начин за поддържане на безопасна температура на съхранение.

Естествената вентилационна система е проектирана да осигури достатъчен въздушен поток около контейнерите за отвеждане на топлината, генерирана в тях и по този начин да се поддържа безопасна температура за съхранение на ОЯГ. Системата е пасивна и се основава на естествената конвекция и не се нуждае от механично оборудване или електрозахранване.

Стените на хранилището имат няколко отвора за приток на външен въздух и за насочването му до нивото на пода в хранилището. Отворите са осигурени срещу непозволен достъп и значителна защита от радиация. Въздухът се загрява и се издига до покрива, където на билото са предвидени отвори за извеждане на нагретия въздух.

Способността на системата да поддържа необходимите температури в контейнерите

за целия диапазон на проектни температури на окръжаващата среда е обоснована в МОАБ [15] на СХОГ.

#### 3.4.2.3.2 Система за манипулация в СХОГ

##### 3.4.2.3.2.1 Кран

Съобразно общата практика в сухите хранилища за отработено гориво и съгласно Чл. 64(3) от Наредбата за осигуряване безопасността при управление на отработено ядрено гориво [16], контейнерите се повдигат и преместват при най-малката възможна височина над пода не повече от 0,3 m. Тази максимална височина на повдигане на контейнерите е ограничена чрез блокировка.

##### 3.4.2.3.2.2 Друго оборудване

За обслужване в СХОГ се използват кран, хоризонтална траверса, вертикална траверса, устройство за обръщане (стационарно), транспортно обръщащо устройство (440), работни платформи и амортизьор (монтиран в пода).

#### 3.4.2.3.3 Транспортна система

Съгласно проекта за СХОГ е осигурена транспортна система за прехвърлянето на контейнерите между СХОГ и ХОГ. Тя се състои от:

- съществуващото в АЕЦ “Козлодуй” ремарке Goldhofer, пригодено да превозва контейнерите CONSTOR;
- устройство за транспортиране и обръщане с вграден амортизьор и лебедка за CONSTOR® 440, закрепени на ремаркетото Goldhofer;
- съществуващ влекач за теглене на ремаркетото;
- осигурени са необходимите пътища с подходящо разположение и товароподемност за достъп на ремаркетото.

#### 3.4.2.3.4 Охранителна система

Със защитна цел СХОГ се намира в рамките на охранявана зона, образувана чрез удължаването на предпазната ограда на ХОГ около сградата. Осигурени са осветление и наблюдение с камери. Достъпът до сградата на СХОГ се контролира. Контролът на достъпа до сградата на ХОГ е непроменен.

#### 3.4.2.3.5 Защитно оборудване съгласно изискванията на МААЕ и ЕВРОАТОМ

These measures include video surveillance system, anti-tampering devices and seals. В проекта за хранилището се осигурява прилагане на организацията и защитно оборудване в съответствие с изискванията на МААЕ и ЕВРОАТОМ

Концепцията за мерките за безопасност включва следните елементи:

- идентификация на контейнера;
- определяне на операции по обслужване на заредените контейнери;
- определяне на премествания на заредените контейнери.

#### 3.4.2.3.6 Контролно-измервателна апаратура

СХОГ разполага с контролно-измервателни системи (КИПиА) за безопасното извършване на всекидневните операции по приемане и складиране на ОЯГ, в съответствие с технологичните процеси и процедури в СХОГ.

#### 3.4.2.3.7 Системи за мониторинг

##### 3.4.2.3.7.1 Радиационен мониторинг

Залата за съхранение има надеждна система за радиационен мониторинг, свързана със



съществуващата в централата общостанционна система за радиационен мониторинг. Тя е проектирана, за да осигури надежден и безопасен контрол при нормални условия и аварийни ситуации:

- радиационен мониторинг в залата за съхранение;
- стационарни системи, използвани за контрол на мощността на дозата;
- стационарни системи, използвани за контрол на радиоактивността на ДЖА и инертни газове;
- подвижни системи, използвани за контрол на радиоактивността на аерозолите.

#### **3.4.2.3.7.2 Системи за мониторинг на контейнерите**

Контейнерите CONSTOR® са специално проектирани за дългосрочно съхранение на гориво. Предвидените контролни мерки за индиректен мониторинг на целостта на бариерата осигуряват своевременно предупреждение за отклонения. Не се изисква пряка интервенция по контейнера, нито систематична проверка на контейнерите в зоната за приемане или на друго място.

#### **3.4.2.3.8 Електрозахранване**

СХОГ е снабдено със следните системи за електрозахранване:

- електрозахранване от АЕЦ “Козлодуй” при нормална експлоатация;
- резервно електрозахранване от дизелгенератор;
- резервирано електрозахранване от отделен непрекъсваем източник.

#### **3.4.2.4 Отвеждане на топлината от БСГ към крайния погълтител**

Основният краен погълтител се явява атмосферата посредством естествената вентилационна система, която осигурява достатъчен въздушен поток около контейнерите за отвеждане на топлината, генерирана в тях и по този начин да се поддържа безопасната за тях работна температура. Системата се основава на естествената конвекция и не разчита при функционирането си на механично оборудване или електрозахранване. Това е пасивна система.

### **3.5 Обхват и основни резултати от ВАБ**

#### **3.5.1 Обхват и основни резултати от ВАБ на 3 и 4 блок.**

За 3 и 4 блокове на АЕЦ Козлодуй е извършен пълномащабен ВАБ и са извършвани многобройни актуализации на вероятностните анализи. Те са били многократно разширявани по обем, методология и структура, така че да се отрази както актуалното състояние на централата, следвайки многобройните модернизации, така също и развитието на методите за анализ. Резултатите от ВАБ ниво 1 в таблицата по-долу, представят честота за повреда на активната зона (събития за реакторогодина) за работа на блока на мощност, както и промяната на резултатите през годините:

**ТАБЛИЦА 3.5.1-1 Честота за повреда на активната зона**

ИС\година	1997	1999	2001	2002
Вътрешни събития	1,31E-04	9,51E-05	8,82E-05	1,26E-05
Сеизмично въздействие	3,38E-05	2,77E-06	1,98E-06	1,98E-06
Вътрешни пожари	6,77E-05	6,36E-05	6,36E-05	4,00E-06
Обща честота за повреда на активната зона	2,32E-04	1,61E-04	1,54E-04	1,85E-05

Честотата за повреда на активната зона (събития за реакторогодина) за работа на блока на ниска мощност, е  $3,26E-05$ , а сумарната честота за повреда на горивото в БОК, е  $2,4E-05$ .

Общата честота на големите ранни изхвърляния към околната среда, при които е необходимо предприемане на неотложни защитни мерки за населението, е  $9.59E-07$  с/г.

На основата на ВАБ е бил разработен Монитор на риска, който е използван в ежедневната работа на 3 и 4 блокове на АЕЦ “Козлодуй”. Освен това, има разработени и други приложения на ВАБ, като например вероятностна оценка на експлоатационни събития.

За актуалното състояние на блоковете са релевантни стойностите за честота на повреда на горивото в БОК, като част от ВАБ на спрял реактор. Тази оценка обаче е прекалено консервативна, като се отчете постоянно намаляващото топлоотделяне в касетите и допълнителните технически и организационни мерки за предотвратяване и смекчаване последствията от възможните аварийни състояния в резултат на разглежданите изходни събития от ВАБ.

### **3.5.2 Обхват и основни резултати от ВАБ на 5 и 6 блок**

Вероятностните анализи имат дълга история и са традиция в АЕЦ Козлодуй. Първият вероятностен анализ на безопасността въобще за реактори тип ВВЕР-1000, е бил извършен именно за 5 и 6 блокове на АЕЦ “Козлодуй”. Оттогава анализите са били многократно разширявани по обем, методология и структура. Целта е била да се отрази както актуалното състояние на централата, следвайки многобройните модернизации, така също и развитието на методите за анализ. Резултатите от ВАБ ниво 1 в таблицата по-долу представят актуалното състояние към момента:

#### **ТАБЛИЦА 3.5.2-1: Резултатите от ВАБ ниво 1**

	Вътрешни ИС	Вътрешни пожари	Вътрешни наводнения	Сеизмично въздействие	Общо
Честота за повреда на активната зона при работа на блока на мощност, /г.	9,32E-06	3,11E-06	1,98E-07	3,34E-06	1,6E-05
Честота за повреда на активната зона при работа на ниска мощност и спрян реактор, /г.	5,22E-06	1,98E-07	2,94E-08	3,66E-09	5,45E-06
Честота за повреда на горивото в БОК/г.	1,50E-06	1,21E-07	1,67E-09	1,66E-08	1,64E-06
Общо, събития/ реакторогодини.	<b>1,60E-05</b>	<b>3,43E-06</b>	<b>2,29E-07</b>	<b>3,36E-06</b>	<b>2,30E-05</b>

В рамките на модернизацията са изградени допълнителни съоръжения, които ще окажат голямо влияние, както за предотвратяването на отказ на херметичната обвивка, така и върху изхвърлянията на радиоактивни продукти на делене в околната среда. Полученият към 2001 г. и актуализиращ се в момента резултат за 5 и 6 блокове на АЕЦ “Козлодуй” показва стойност за честотата на големи ранни изхвърляния (LERF) от **5.37E-06 1/год.**

На основата на ВАБ е разработен Монитор на риска, който се използва в ежедневната работа на АЕЦ “Козлодуй”. Освен това, има разработени или са в процес на разработване и други ВАБ приложения – риск-информирани изпитания, риск-информирано техническо обслужване, риск-информиран Технологичен регламент.

### 3.5.3 Обхват и основни резултати от ВАБ на ХОГ

Пълномащабен вероятностен анализ на безопасността за ХОГ не е извършван. Има анализи на безопасността за целия спектър от възможни изходни събития извършени по метода на анализа на потенциалните опасности и работоспособността (HAZOP).

## 4 СЪСТОЯНИЕ НА ПРОВЕЖДАНИТЕ В АЕЦ КОЗЛОДУЙ СТРЕС ТЕСТОВЕ

### 4.1 Хронология на действията по изпълнение на стрес тестовете.

Вследствие на събитията, сполетели “АЕЦ Фукушима 1”, международния отзвук и загриженост от трагедията, направила съпричастни всички хора по света, на 31.05.2011 г. Агенцията за ядрено регулиране даде своите писмени указания на АЕЦ „Козлодуй“ за провеждане на “стрес-тестове”, като целенасочена преоценка на запасите по безопасност на съоръженията в АЕЦ „Козлодуй“. След получаването на тези указания ръководството на АЕЦ „Козлодуй“ сформира работна група от експерти за извършване на необходимите дейности, свързани с подготовката и провеждането на “стрес тестовете”. Задачата на групата е комуникация, координация, наблюдение и контрол върху работата по изготвяне на методиката за провеждане на “стрес тестове”, извършване на анализи, приемане на отчети на изпълнителите, предаване на документи в АЯР и др.

Като основа за разработването на доклада за напредъка е използван документа „Стрес тестове“ на европейските ядрени централи след аварията във Фукушима – съдържание и форма на допълнителния доклад за оценка на безопасността”. С цел създаване на по-добра организация на работа съвместно с избраните изпълнители е разработен интегриран план график за изпълнение на дейностите, съгласно който от 12.07.2011 г. до 29.09.2011 г. по задачата за изпълнение на стрес тестове, ще се изпълнят следните дейности:

- представяне на програмата за осигуряване на качеството (ПОК);

- събиране и предаване на входни данни;
- описание на проектните основи и оценка на адекватността им;
- анализ на защитните мерки и съответствието на централата с текущите лицензионни основи за изходни събития, като: земетресение, наводнение, екстремни външни въздействия и загуба на външно захранване;
- издаване на предварителен доклад за напредъка по различните сценарии;
- оценка на съществуващите мерки за управление на аварии за различните етапи на сценарии със загуба на функцията охлаждане на активната зона, защита на функцията “Удържане на РАВ” в случай на повреда на горивото, ограничаване на последствията от загуба на херметичност и загуба на функцията охлаждане на горивото в басейните с гориво;
- оценка на запасите за изходни събития като: земетресения, наводнения, комбинация от земетресения и наводнения, екстремни външни въздействия и управление на тежки аварии;
- оценка на запасите за изходни събития като земетресение, наводнение, екстремни външни въздействия и загуба на външно захранване и издаване на отчет за оценката;
- издаване на доклад за напредъка;
- издаване на окончателен обобщен доклад с отчитане на текущите изисквания от АЯР.

В съответствие със задачите залегнали в интегрирания план-график и с цел подпомагане работата на изпълнителите, в АЕЦ „Козлодуй“ бяха сформирани работни групи, които имаха задача да осигурят необходимите входни данни за нуждите на изпълнителите и да осъществят предаването на данните еднозначно и навременно при поискване.

С така създадената организация, процеса по предаване на събраните входни данни премина достатъчно бързо и това даде възможност на изпълнителите да съсредоточат своите усилия върху по-задълбочено анализиране и изпълнение на конкретните задачи.

## **4.2 Състояние на отделните стрес тестове.**

След започване на изпълнението на стрес тестовете, към 05.08.2011 г. и в съответствие с интегрирания график, се извършват следните дейности по изпълнението на стрес тестовете:

### **4.2.1 Земетресения.**

Подготвен е и е предаден от страна на „АЕЦ Козлодуй“ ЕАД пакет от входни данни, като експертите на изпълнителя се консултират регулярно с експертите на АЕЦ „Козлодуй“ и ако е необходимо, се добавят нови входни данни към първоначалния пакет. Предадена е на възложителя „Програма за осигуряване на качеството“ на изпълнявания стрес тест. Статусът на изпълнение на стрес теста по основните пунктове е следният:

#### **4.2.1.1 Проектни основи.**

Подготвен е и е предоставен за приемане Междинен доклад по стрес тест: „Земетресения – проектни основи на ядрените съоръжения на площадката на АЕЦ Козлодуй (редакция 0). В момента тече вътрешен преглед на доклада от експертите на „АЕЦ Козлодуй“ ЕАД, относно пълнота, точност и съответствие с изискванията на АЯР с цел приемането на доклада.

#### **4.2.1.2 Оценка на границите на безопасност.**

Работи се по Междинен доклад на стрес тест: „Земетресения – Оценка на границите на безопасност на ядрените съоръжения на площадката на АЕЦ Козлодуй (редакция 0).

#### **4.2.2 Наводнения**

Подготвен е и е предаден от страна на „АЕЦ Козлодуй“ ЕАД пакет от входни данни, като експертите на изпълнителя се консултират регулярно с експертите на АЕЦ „Козлодуй“ и ако е необходимо, се добавят нови входни данни към първоначалния пакет. Предадена е на възложителя „Програма за осигуряване на качеството“ на изпълнявания стрес тест. Статусът на изпълнение на стрес теста по основните пунктове е следният:

##### **4.2.2.1 Проектни основи.**

Подготвен е и е предоставен за приемане Междинен доклад по стрес тест: „Наводнения – проектни основи на ядрените съоръжения на площадката на АЕЦ Козлодуй (редакция 0). В момента тече вътрешен преглед на доклада от експертите на „АЕЦ Козлодуй“ ЕАД, относно пълнота, точност и съответствие с изискванията на АЯР с цел приемането на доклада.

##### **4.2.2.2 Оценка на границите на безопасност.**

Работи се по Междинен доклад на стрес тест: „Наводнения – Оценка на границите на безопасност на ядрените съоръжения на площадката на АЕЦ Козлодуй (редакция 0).

#### **4.2.3 Екстремни метеорологични условия**

Подготвен е и е предаден от страна на „АЕЦ Козлодуй“ ЕАД пакет от входни данни, като експертите на изпълнителя се консултират регулярно с експертите на АЕЦ „Козлодуй“ и ако е необходимо, се добавят нови входни данни към първоначалния пакет. Предадена е на възложителя „Програма за осигуряване на качеството“ на изпълнявания стрес тест. Статусът на изпълнение на стрес теста по основните пунктове е следният:

##### **4.2.3.1 Проектни основи.**

Подготвен е и е предоставен за приемане Междинен доклад по стрес тест: „Екстремни метеорологични условия – проектни основи на ядрените съоръжения на площадката на АЕЦ Козлодуй (редакция 0). В момента тече вътрешен преглед на доклада от експертите на „АЕЦ Козлодуй“ ЕАД, относно пълнота, точност и съответствие с изискванията на АЯР с цел приемането на доклада.

##### **4.2.3.2 Оценка на границите на безопасност.**

Работи се по Междинен доклад на стрес тест: „Екстремни метеорологични условия – Оценка на границите на безопасност на ядрените съоръжения на площадката на АЕЦ Козлодуй (редакция 0).

#### **4.2.4 Загуба на функции на безопасност за всяко възможно ИС на площадката**

Подготвен е и е предаден от страна на „АЕЦ Козлодуй“ ЕАД пакет от входни данни, като експертите на изпълнителя се консултират регулярно с експертите на АЕЦ „Козлодуй“ и ако е необходимо, се добавят нови входни данни към първоначалния пакет. Предадена е на възложителя „Програма за осигуряване на качеството“ на изпълнявания стрес тест. Статусът на изпълнение на стрес теста по основните пунктове е следният:

##### **4.2.4.1 Проектни основи.**

Подготвен е и е предоставен за приемане Междинен доклад по стрес тест: „Анализ на последствията при загуба на функции на безопасност за всяко възможно ИС на площадката – проектни основи на ядрените съоръжения на площадката на АЕЦ „Козлодуй“ (редакция 0). В момента тече вътрешен преглед на доклада от експертите на „АЕЦ Козлодуй“ ЕАД, относно пълнота, точност и съответствие с изискванията на АЯР с цел приемането на доклада.

#### **4.2.4.2 Оценка на границите на безопасност.**

Работи се по Междинен доклад на стрес тест: „Анализ на последствията при загуба на функции на безопасност за всяко възможно ИС на площадката – Оценка на границите на безопасност на ядрените съоръжения на площадката на АЕЦ „Козлодуй““ (редакция 0).

#### **4.2.5 Управление на тежки аварии**

Подготвен е и е предаден от страна на „АЕЦ Козлодуй“ ЕАД пакет от входни данни, като експертите на изпълнителя се консултират регулярно с експертите на АЕЦ „Козлодуй“ и ако е необходимо, се добавят нови входни данни към първоначалния пакет.

Quality assurance program of conducting the stress test has been provided to the Employer.

## 5 ИЗПОЛЗВАНИ ДОКУМЕНТИ

- [1] Актуализирана техническа обосновка на безопасността на съоръженията и експлоатацията на блок 5 на АЕЦ "Козлодуй", Юли 2011 год.
- [2] Актуализирана техническа обосновка на безопасността на съоръженията и експлоатацията на блок 6 на АЕЦ "Козлодуй", Юли 2011 год.
- [3] Актуализирана техническа обосновка на безопасността за 3 блок, 2004
- [4] Актуализирана техническа обосновка на безопасността за 4 блок, 2004
- [5] Технически доклад за изпълнението на програмата за модернизация на 1-4 блок PRG'97 за периода 1998-2002, Ноември 2002 г.
- [6] Вероятностен анализ на безопасността – Ниво 2 на блокове 3 и 4 на АЕЦ "Козлодуй" ТОМ 0 Обзорен доклад.
- [7] Актуализация на съществуващия ВАБ, ниво 1 за блокове 5 и 6 на АЕЦ "Козлодуй" ред. 0 обзорен доклад.
- [8] ВАБ ниво-2 на блокове 5 и 6 на АЕЦ "Козлодуй". Версия 0, Обзорен доклад
- [9] Анализ и оценка на безопасността на операциите в съществуващото хранилище за отработено ядрено гориво (ХОГ) свързани с проекта за сух ХОГ (СХОГ), 2008
- [10] Техническо задание за провеждане на „Стрес тестове”, като целенасочена преоценка на запасите по безопасност на съоръженията в „АЕЦ Козлодуй” ЕАД при бедствени природни събития, които водят до тежка авария.
- [11] Наредба за осигуряване безопасността на ядрените централи, в сила от 10.06.2008
- [12] Актуализация на съществуващия вероятностен анализ на безопасността, АЕЦ "Козлодуй".
- [13] Лицензия за експлоатация на ядрено съоръжение, серия Е, № 01032, 2011.
- [14] Технологичен регламент на хранилището за отработено гориво на АЕЦ „Козлодуй” Идентификационен № ХОГ.Р.02/3
- [15] Междинен Отчет за Анализ на Безопасността Идентификационен № DNR 108988
- [16] Наредба за осигуряване безопасността при управление на отработено ядрено гориво Приета с ПМС № 196 от 2.08.2004 г., обн., ДВ, бр. 71 от 13.08.2004 г.
- [17] Превантивни мерки във връзка с ядрената авария в АЕЦ „Фукушима”, Писмо No 47-00-77 от 31.05.2011 на АЯР
- [18] Декларация на ENSREG от 13 Май 2011
- [19] "Stress tests" specifications, Proposal by the WENRA Task Force, 21 April 2011
- [20] "Post-Fukushima Stress-Tests of European Nuclear power Plants – Content and Format of Complementary Safety Assessment Report", 17.07.2011
- [21] АЕЦ „Козлодуй”, ТЗ No 11.МП.ТЗ.116, Разработване на методика за провеждане на „стрес тест”, като целенасочена преоценка на запасите по безопасност на АЕЦ „Козлодуй” при бедствени природни събития, които водят до тежка авария, 13.05.2011
- [22] АЕЦ „Козлодуй”, ТЗ No 11.МП.ТЗ.153, Провеждане на „Стрес тестове”, като целенасочена преоценка на запасите по безопасност на съоръженията в „АЕЦ Козлодуй” ЕАД при бедствени природни събития, които водят до тежка авария
- [23] РИ/ДИ-858, Разработване на методика и обем на изпитанията за оценка на риска – стрес тестове на АЕЦ „Козлодуй”. Методика за стрес тест, Юни 2011

- [24] IAEA, Safety Standard Series, No. NS-R-3 “Site Evaluation for Nuclear Installations”,
- [25] IAEA Safety Series No. 50-SG-S1 Eartquakes and Associated Topics in Relation to Nuclear Power Plant Siting (Rev.1)
- [26] IAEA, Safety Series No.50-SG-D15 “Seismic Design and Qualification for NPP”