

**ЕВРОПЕЙСКА ТЕМАТИЧНА ПАРТНЬОРСКА ПРОВЕРКА  
ОЦЕНКА УПРАВЛЕНИЕТО НА СТАРЕЕНЕ НА АЕЦ**

**НАЦИОНАЛЕН ДОКЛАД НА  
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ**

**Агенция за ядрено регулиране  
Декември 2017**



## СЪДЪРЖАНИЕ

<b>1. ОБЩА ИНФОРМАЦИЯ</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1. Идентификация на ядрените съоръжения</b> .....	<b>5</b>
<b>1.2. Процес на изготвяне на националния доклад за оценка</b> .....	<b>5</b>
<b>2. ИЗИСКВАНИЯ НА ОБЩАТА ПРОГРАМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА</b>	
<b>    СТАРЕЕНЕТО</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1. Национална регулаторна рамка</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2. Международни стандарти</b> .....	<b>8</b>
<b>2.3. Описание на общата програма за управление на стареенето</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3.1. Обхват на ПРОГРАМАТА</b> .....	<b>10</b>
<b>2.3.2. Оценка на стареенето</b> .....	<b>17</b>
<b>2.3.3. Мониторинг, изпитване, пробоотбор и инспекция</b> .....	<b>20</b>
<b>2.3.4. Превантивни и коригиращи действия</b> .....	<b>29</b>
<b>2.4. Преглед и актуализация на ПРОГРАМАТА</b> .....	<b>30</b>
<b>2.4.1. Одити и инспекции на лицензианта</b> .....	<b>32</b>
<b>2.4.2. Оценка на вътрешния и външния експлоатационен опит</b> .....	<b>32</b>
<b>2.4.3. Оценка на проектни изменения, които биха оказали въздействие върху</b> <b>        ПРОГРАМАТА;</b> .....	<b>34</b>
<b>2.4.4. Оценка и измерване на ефективността от управлението на стареенето;</b> .....	<b>34</b>
<b>2.4.5. Оценка на количествени анализи на ресурса (Time Limited Ageing</b> <b>        Analysis – TLAAs)</b> .....	<b>35</b>
<b>2.4.6. Отразяване на най-съвременните технологични постижения и резултати</b> <b>        от научноизследователска дейност;</b> .....	<b>35</b>
<b>2.4.7. Отчитане в ПРОГРАМАТА на измененията в настоящата лицензионна</b> <b>        или регулаторна рамка;</b> .....	<b>35</b>
<b>2.4.8. Установяване на нуждата от допълнителна научноизследователска</b> <b>        дейност.</b> .....	<b>36</b>
<b>2.4.9. Стратегията за периодичен преглед на ПРОГРАМАТА, включително и</b> <b>        потенциалната взаимовръзка с периодичните проверки на</b> <b>        безопасността;</b> .....	<b>36</b>
<b>2.4.10. Отразяване в ПРОГРАМАТА на нови или неочаквани обстоятелства</b> .....	<b>36</b>
<b>2.4.11. Използване на резултатите от дейности за мониторинг, изпитване,</b> <b>        пробовземане и инспекции за преглед на ПРОГРАМАТА;</b> .....	<b>37</b>
<b>2.4.12. Периодично оценяване и измерване на ефективността на</b> <b>        управление на стареенето</b> .....	<b>37</b>
<b>2.5. Опит на лицензианта в прилагането на ПРОГРАМАТА</b> .....	<b>37</b>

2.6.	Процес на регулаторен надзор .....	38
2.7.	Оценка на регулатора относно общата програма за управление на стареенето и заключения.....	39
3.	<b>ЕЛЕКТРИЧЕСКИ КАБЕЛИ.....</b>	<b>41</b>
3.1.	Описание на програмите за управление на стареенето на електрически кабели.....	41
3.1.1.	Обхват на управлението на стареенето на електрически кабели .....	41
3.1.2.	Оценка на стареенето на електрически кабели .....	44
3.1.3.	Мониторинг, изпитване, пробоотбор и инспекция на електрическите кабели .....	47
3.1.4.	Превантивни и коригиращи действия за електрически кабели.....	49
3.2.	Опит на лицензианта в прилагането на програмата за електрически кабели.....	52
3.3.	Оценка и заключения на регулатора относно управлението на стареенето на електрически кабели.....	56
4.	<b>СКРИТИ ТРЪБОПРОВОДИ.....</b>	<b>58</b>
4.1.	Описание на програмите за управление на стареенето на скрити тръбопроводи.....	58
4.1.1.	Обхват на управлението на стареенето на скрити тръбопроводи.....	58
4.1.2.	Оценка на стареенето на скрити тръбопроводи .....	63
4.1.3.	Мониторинг, изпитване, пробоотбор и инспекция на скрити тръбопроводи.....	69
4.1.4.	Превантивни и коригиращи действия за скрити тръбопроводи.....	73
4.2.	Опит на лицензианта в прилагането на Програмата за управление на стареенето за скрити тръбопроводи.....	73
4.3.	Оценка и заключения на регулатора относно управлението на стареенето на скрити тръбопроводи.....	74
5.	<b>КОРПУСИ НА РЕАКТОРИ .....</b>	<b>76</b>
5.1.	Описание на Програмата за управление на стареенето на корпусите на реакторите.....	76
5.1.1.	Обхват на управлението на стареенето на корпусите на реакторите.....	77
5.1.2.	Оценка на стареенето на корпуса на реактора .....	80
5.1.3.	Мониторинг, изпитване, пробоотбор и инспекция на корпусите на реакторите .....	85
5.1.4.	Превантивни и коригиращи действия за корпуса на реактора.....	90

5.2. Опит на лицензианта в прилагането на Програмата за корпусите на реакторите.....	93
5.2.1. Експлоатационен опит .....	93
5.2.2. Реализирани промени в Програмата вследствие на експлоатационния опит .....	93
5.2.3. Обследване на корпусите на реакторите за целите на допълнителния срок на експлоатация.....	94
5.3 Оценка и заключения на регулатора относно управлението на стареенето на корпусите на реакторите.....	96
6. КАЛАНДРИ/ТЕХНОЛОГИЧНИ КАНАЛИ (CANDU) .....	96
7. БЕТОННИ КОНСТРУКЦИИ НА ХО .....	97
7.1. Описание на програмите за управление на стареенето на бетонни конструкции.....	97
7.1.1. Обхват на управлението на стареенето на бетонни конструкции.....	97
7.1.2. Оценка на стареенето на бетонни конструкции.....	102
7.1.3. Мониторинг, изпитване, пробоотбор и инспекция на бетонни конструкции.....	107
7.1.4. Превантивни и коригиращи действия за бетонни конструкции.....	108
7.2. Опит на лицензианта в прилагането на програмата за управление на стареенето за бетонни конструкции.....	112
7.3. Оценка и заключения на регулатора относно управлението на стареенето на бетонни конструкции.....	113
8. КОРПУСИ НА РЕАКТОРИ ОТ ПРЕДВАРИТЕЛНО НАПРЕГНАТ БЕТОН (AGR) .....	114
9. ОБЩА ОЦЕНКА И ОСНОВНИ ЗАКЛЮЧЕНИЯ.....	114

**СПИСЪК НА СЪКРАЩЕНИЯТА**

**АНЕКС 1 – СХЕМИ НА КОРПУСА И КАПАКА НА ВВЕР – 1000/В320**

# 1. ОБЩА ИНФОРМАЦИЯ

## 1.1. Идентификация на ядрените съоръжения

“АЕЦ Козлодуй” ЕАД е еднолично акционерно дружество, със седалище и адрес на управление: гр. Козлодуй 3321, община Козлодуй.

Предметът на дейността на “АЕЦ Козлодуй” ЕАД включва използване на ядрена енергия за производство на електрическа енергия. Тази дейност се извършва при наличие и поддържане на валидни лицензии за експлоатация на ядрени съоръжения и лицензия за производство на електрическа и топлинна енергия, издадени съответно от Агенция за ядрено регулиране (АЯР) и Комисия за енергийно и водно регулиране (КЕВР).

Обект на Националния доклад за оценка на управление на стареенето са 5 и 6 блок на „АЕЦ Козлодуй” ЕАД, които са в експлоатация. Блокове 5 и 6 на АЕЦ “Козлодуй” са с реактори ВВЕР-1000, модел В-320, разположени в херметична защитна железобетонна конструкция (containment), турбогенераторна инсталация с турбина К 1000/60 1500 2 и електрически генератор ТВВ 1000 4У3.

Блокове 5 и 6 са въведени в експлоатация съответно през 1987 г. и 1991 г., и проектният им експлоатационен срок изтича, съответно на 5 блок през 2017 г., а на блок 6 през 2021 г. След извършени обследване, анализи и изпълнени мерки, включени в програмата по продължаване срока на експлоатация, през ноември 2017 г. Лицензията за експлоатация на 5 блок е подновена за срок от 10 години. Аналогични дейности се изпълняват и за 6 блок. Ключовите параметри на блоковете са представени в Таблица 1.

**Таблица 1. Ключови параметри на 5 и 6 блок на АЕЦ “Козлодуй”**

Название	5 блок	6 блок
Лицензиант	“АЕЦ Козлодуй” ЕАД	“АЕЦ Козлодуй” ЕАД
Тип на реактора	ВВЕР-1000, модел В-320	ВВЕР-1000, модел В-320
Производствена мощност	1000 Мвт	1000 Мвт
Година на въвеждане в експлоатация	1987 г.	1991 г.

## 1.2. Процес на изготвяне на националния доклад за оценка

Настоящият Национален доклад е изготвен от АЯР, на база извършена самооценка от Лицензианта, и е приет с решение на Министерски съвет. Докладът е изготвен с отчитане на изискванията на разработената от WENRA и приета от ENSREG в края на месец декември 2016 г. Техническа спецификация. Структурата на доклада съответства на Приложение 1 от

спецификацията. Представената информация се отнася до посочените в точка 1.1. ядрени съоръжения и обхваща, както регулаторните изисквания и дейност, така и дейността на лицензианта в областта на управление на стареенето.

## **2. ИЗИСКВАНИЯ НА ОБЩАТА ПРОГРАМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО**

### **2.1. Национална регулаторна рамка**

Държавното регулиране на безопасното използване на ядрената енергия и йонизиращи лъчения и на безопасното управление на радиоактивните отпадъци и отработено гориво се осъществява от Агенцията за ядрено регулиране (АЯР), която е независим специализиран орган на изпълнителната власт.

Изискванията на националното законодателство, свързани с управление на стареенето на АЕЦ, са регламентирани в:

- Закон за безопасно използване на ядрената енергия;
- Наредба за осигуряване на безопасността на ядрените централи;
- Наредба за реда за издаване на лицензии и разрешения за безопасно използване на ядрената енергия.

Допълнителни указания по отношение на прилагане на изискванията, съдържащи се в нормативните документи и касаещи процеса на управление на стареенето, се съдържат в следните регулаторни ръководства:

- Ръководство „Извършване на периодичен преглед на безопасността на ядрени централи“;
- Ръководство „Безопасна експлоатация на АЕЦ“.

Основен нормативен документ в областта на използването на ядрената енергия е Закона за безопасно използване на ядрената енергия (ЗБИЯЕ), който урежда обществените отношения, свързани с държавното регулиране на безопасното използване на ядрената енергия и йонизиращите лъчения и с безопасното управление на радиоактивните отпадъци и отработеното ядрено гориво. Законът за безопасно използване на ядрената енергия определя националната рамка за държавно регулиране на дейностите в областта на използването на ядрената енергия. Законът определя лицензионен и разрешителен режим за регулиране на дейностите.

С Наредбата за осигуряване на безопасността на ядрените централи се определят основните критерии и правила за ядрена безопасност и радиационна защита, както и организационните мерки и техническите изисквания за осигуряване на безопасността при избор на площадка, проектиране, строителство, въвеждане в експлоатация и експлоатация.

Раздел 3 от Глава 8 на Наредбата изисква, при въвеждане в експлоатация и експлоатация да се разработят и изпълняват програми за техническо обслужване, изпитвания, надзор и инспекции, насочени към осигуряване на съответствието на работоспособността, надеждността и функционалността на конструкции, системи и компоненти (КСК), важни за безопасността, с проектните изисквания през целия срок на експлоатация на ядрената централа. Тези програми отчитат пределите и условията на експлоатация и се преразглеждат с отчитане на експлоатационния опит. Програмите за прогнозно, превантивно и коригиращо техническо обслужване включват дейности за контролиране процесите на деградация, за предотвратяване на отказите и за възстановяване работоспособността и надеждността на КСК, важни за безопасността. Програмите за техническо обслужване отчитат резултатите от програмата за управление на стареенето и включват замяна на морално остарели КСК или такива с изтекъл експлоатационен ресурс, преквалификация на КСК, важни за безопасността, и използване на нови ремонтни технологии.

Член 228 от Наредбата изисква експлоатиращата организация да разработва, прилага, оценява и подобрява програмата за управление на стареенето, за да установи всички механизми на стареене на КСК, важни за безопасността, да определи техните възможни последствия, както и необходимите мерки за поддържане тяхната работоспособност и надеждност. Всички КСК, важни за безопасността, се оценяват за изпълнение на предвидените функции на безопасност по време на техния проектен срок, с отчитане на механизмите на стареене и износване, както и възможната деградация, свързана с времето на тяхната работа и циклите на натоварване. Условията на околната среда, параметрите на технологичните процеси, графици за техническо обслужване и изпитвания и стратегията за замяна на КСК, важни за безопасността, се отчитат като фактори при управление на стареенето. За оценка на ефектите на стареене и за ранното откриване на неочаквано поведение или деградация се извършват контрол, изпитвания, вземане на проби и инспекции.

С Наредбата за реда за издаване на лицензии и разрешения за безопасно използване на ядрената енергия се определя редът за издаване на лицензии и разрешения за извършване на дейности по ЗБИЯЕ. Член 23 от посочената наредба определя необходимите документи, които следва да бъдат представени във връзка с подновяването на лицензията. Един от тези документи е „Актуализиран отчет за оценка на безопасността на ядреното съоръжение“. По своята същност този отчет представлява периодичен преглед на безопасността на ядреното съоръжение. В Чл. 83 на същата наредба е определен необходимият минимум от фактори на безопасност (16 бр.), които следва да бъдат отчетени при извършването на периодичен преглед на безопасността, сред които е и факторът „управление на стареенето“.

Ръководството за извършване на периодичен преглед на безопасността на ядрени централи дава подробни указания за процеса на провеждане на периодичния преглед на

безопасността на експлоатиращите се ядрени централи. Подробно разгледан е и факторът „управление на стареенето“. Целта на прегледа на управление на стареенето е да се определи дали аспектите на стареенето, влияещи на КСК, важни за безопасността, се управляват правилно, дали има ефективна програма за управление на стареенето и дали се осигуряват всички изисквани функции на безопасността за проектния ресурс. Прегледът включва програмата за управление на стареенето и по специално следните аспекти: навременно откриване и смекчаване на механизмите и ефектите на стареене; пълнотата на програмата; ефективността на експлоатационните и ремонтни политики и/или процедурите за управление на стареенето на заменяемите компоненти; оценка и документиране на свързаното със стареенето потенциално влошаване на параметрите, което може да повлияе върху функциите на безопасност на КСК, важни за безопасността; управление на ефектите на стареене на КСК, необходими за безопасността, при извеждане от експлоатация; показатели за ефективност на изпълнението; отчетност. Прегледът оценява следните технически аспекти: методология за управление на стареенето; разбирането на лицензианта за доминиращите механизми и явления на стареене, включително информация за действителните запаси по безопасност; критерии за приемливост и изискваните запаси по безопасност на КСК, важни за безопасността; методи за контрол на стареенето и за смекчаване на ефектите на стареене; и т.н.

## **2.2. Международни стандарти**

Приетият от “АЕЦ Козлодуй” ЕАД подход при управление на стареенето е пряко свързан с установената организация за управление на ресурса, при постоянна актуализация на свързаните с процеса програми и практики. За дейностите по техническо обслужване и ремонт, безразрушителен контрол, инспекции, надзор и квалификация на оборудването се въвеждат актуалните изискванията на приложимата нормативна рамка в Р България, стандарти по безопасност на Международната агенция за атомна енергия (МААЕ) в областта и приложимите документи на страната доставчик на ядрената инсталация. Целта е текущите експлоатационни практики да отговарят адекватно на националните нормативни документи, следвайки приложимите международни стандарти за безопасност, за да се гарантира безопасността на централата в процеса на дългосрочна експлоатация.

Основните международно приети стандарти, ръководства и други документи, използвани в разработването на Система за управление на стареенето, са следните:

- IAEA, Ageing Management for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series Safety Guide No. NS-G-2.12, IAEA, Vienna (2009);
- IAEA, Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants, Safety Reports Series No. 57, IAEA, Vienna (2008);



- IAEA, Methodology for the Management of Ageing of Nuclear Power Plants Components Important to Safety, Technical Reports Series No. 338, IAEA, Vienna (1992);
- IAEA, Data Collection and Record Keeping for the Management of Nuclear Power Plants Ageing, Safety Reports Series No. 50-P-3, IAEA, Vienna (1991);
- IAEA, Implementation and Review of a Nuclear Power Plant Ageing Management Programme, Safety Reports Series No. 15, IAEA, IAEA, Vienna (1999);
- IAEA, Equipment Qualification in Operational Nuclear Power Plants: Upgrading, Preserving and Reviewing, Safety Report Series No. 3, IAEA, Vienna (1998);
- IAEA-EBP-SALTO‘ Final Report of the Programme on Safety Aspects of Long Term Operation of Water Moderated Reactors, Recommendations on the Scope and Content of Programmes for Safe Long Term Operation, Vienna, (2007);
- IAEA, Plant Life Management for Long Term Operation of Light Water Reactors, Technical Reports Series No. 448, IAEA, Vienna (2006);
- IAEA, Ageing Management for Nuclear Power Plants: International Generic Ageing Lessons Learned (IGALL) , Safety Report Series No. 82, IAEA, Vienna (2015); IAEA, Maintenance, Surveillance and In-service Inspection of Nuclear Power Plants, Safety Standards Series Safety Guide No. NS-G-2.6, IAEA, Vienna (2002);
- IAEA, Periodic Safety Review of Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. SSG-25, IAEA, Vienna (2013);
- IAEA, A system for the Feedback of Experience from Events in Nuclear Installations, Safety Guide No. NS-G-2.11, IAEA, Vienna (2006);
- WENRA Report “Safety Reference Levels for Existing Reactors”, 2014.

### **2.3. Описание на общата програма за управление на стареенето**

Чрез Програмата се осигурява интегриране на действащите контролирани документи от Системата за управление на „АЕЦ Козлодуй“ ЕАД, свързани с изпълнение на дейностите по управление на ресурса и стареенето. Детайлно са дефинирани взаимовръзките между програмите, дейностите и отговорностите по контрол, мониторинг и минимизиране на ефектите на деградация на КСК, включени в обхвата на Програмата.

През 2003 г. е разработен и въведен в изпълнение “План за управлението на стареенето на оборудването”. Планът определя необходимите дейности по изпълнение на препоръките от извършените прегледи и оценки, както и сроковете и средствата, обезпечавщи осигуряването на ресурса, функционалността и надеждността на оборудването.

Едновременно с изпълнението на Плана, АЕЦ “Козлодуй” започва подготовка за разработване на Програма за управление на ресурса на 5-ти и 6-ти енергоблокове (ПРОГРАМАТА). ПРОГРАМАТА е въведена в действие през 2007 г. и определя дейностите по управление на стареенето.

Целта на ПРОГРАМАТА е да се гарантира, че основните механизми на стареене и ефектите от тях ще бъдат установени и редуцирани за обезпечаване на безопасна и надеждна експлоатация. Изпълнението на ПРОГРАМАТА е едно от условията за получаване на лицензия за експлоатация на всеки енергоблок, в съответствие с изискванията на Наредбата за реда за издаване на лицензии и разрешения за безопасно използване на ядрената енергия.

В ПРОГРАМАТА са дефинирани следните основни дейности по управление на стареенето:

- избор на конструкции, системи и компоненти (КСК) в АЕЦ, които оказват съществено влияние върху безопасността;
- определяне на доминиращи механизми на стареене на избраните КСК и разработване на ефективни практически методи за мониторинг и забавяне на процесите на стареене;
- използване на ефективни методи на проектиране, производство, съхранение, монтаж, контрол и експлоатация.

В ПРОГРАМАТА е заложен систематичен подход, който включва дейности по проверка на деградацията (безразрушителен контрол, надзор, диагностика, оценки и др.), коригиране на неприемливи деградации (ремонт, замяна и др.), минимизиране на ефектите на деградация (експлоатация в съответствие с инструкциите за експлоатация и техническите изисквания, водохимичен режим и др.) и подобряване на ефективността на програмите за управление на стареенето. Всички дейности по управление на стареенето се изпълняват по утвърдени инструкции и програми.

В резултат на извършените периодични оценки на безопасността през 2009 г. и 2016 г. са актуализирани действащите вътрешни програми за превантивна поддръжка, безразрушителен контрол и инспекции, надзор и квалификация на оборудването, като същите са отразени в ПРОГРАМАТА.

### **2.3.1. Обхват на ПРОГРАМАТА**

2.3.1.1. Разпределение на отговорностите в рамките на организацията на лицензианта за да се обезпечи разработването и изпълнението на ПРОГРАМАТА;

В структурата на „АЕЦ Козлодуй” ЕАД е създадено специализирано звено, чиито основни функции са свързани с разработване и поддържане на ПРОГРАМАТА. Разпределението на функциите и задачите за изпълнение на дейностите, свързани с

управление на стареенето, е регламентирано в правилниците за организация и дейността на съответните структурни звена и подразделения.

Основните дейности за управление на стареенето са регламентирани в ПРОГРАМАТА.

Конкретните отговорности за изпълнение на отделните дейности, регламентирани в ПРОГРАМАТА, са разпределени в съществуващите програми за превантивна поддръжка, безразрушителен контрол и инспекции, надзор и квалификация на оборудването, поддържане на водохимичния режим.

#### 2.3.1.2. Методи, използвани за идентифициране на КСК в обхвата на ПРОГРАМАТА:

Изискванията към процеса на подбор на КСК, включени в обхвата на ПРОГРАМАТА, са разработени на базата на препоръките на МААЕ към управлението на стареенето на АЕЦ, адаптирани за целите на управление на стареенето в АЕЦ “Козлодуй”, съгласно следните документи:

- IAEA, Ageing Management for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series Safety Guide No. NS-G-2.12, IAEA, Vienna (2009)
- IAEA, Methodology for the Management of Ageing of Nuclear Power Plant Components Important to Safety, Technical Reports Series No.338, IAEA, Vienna (1992).

За определяне на КСК в обхвата на ПРОГРАМАТА е приет подход, съгласно който в ПРОГРАМАТА се включват съответните КСК, имащи отношение към осигуряване на безопасността. При подбора се отчита класификацията по безопасност на КСК.

В обхвата на ПРОГРАМАТА са включени следните основни групи КСК:

- Важни за безопасността КСК, осигуряващи изпълнението на функциите на безопасност при всички очаквани експлоатационни събития и аварийни условия;
- КСК за нормална експлоатация, отказът на които може да доведе до неизпълнение на функциите на безопасност от КСК, важни за безопасността;
- Други КСК, за които са извършени анализи на безопасност, и са включени в Отчета за анализ на безопасността:
  - КСК, необходими за справяне или смекчаване на последствията от: преходни процеси, съпроводени с отказ за сработване на аварийната защита (ATWS); пълно обезточване (SBO) и термичен шок под налягане (PTS).
  - КСК, необходими, за да се справят с вътрешните пожари (FP);

- КСК, квалифицирани по околна среда (EQ) за работа при очаквани експлоатационни състояния и аварийни условия.
- КСК, изпълняващи функции по осигуряване на разполагаемостта на централата и надеждното електропроизводство.

При избора на строителните конструкции са подбрани само такива, които могат да ограничат срока на експлоатация на електроцентралата. Конструкции, които могат да бъдат лесно заменени или чиито свойства могат да бъдат лесно възстановени, не са включени в програмата за управление на стареенето. Същите са обект на други програми.

#### 2.3.1.3. Методи за групиране на КСК в процеса на подбор

За целите на управление на стареенето и прегледът, извършен в рамките на комплексното обследване, свързано с продължаване срока на експлоатация на блоковете, КСК са разделени по функционален признак на следните групи:

- топлотехническо оборудване;
- електротехническо оборудване и оборудване от Автоматизирани системи за управление на технологични процеси (оборудване на системите за контрол и управление);
- строителни конструкции.

На тези КСК са оценени фактическото състояние и остатъчния ресурс. Всяка група е разделена на подгрупи. Компонентите от първите две групи са разделени в подгрупи (9 подгрупи за топлотехническото оборудване и 3 за електрическо и СКУ оборудване). За строителните конструкции са обособени 2 подгрупи.

2.3.1.4. Методика и изисквания за оценка на съществуващите практики за техническа поддръжка и ремонт и развитие на програмите за управление на стареенето според идентифицираните важни механизми на стареене;

Методическите изисквания за оценка на съществуващите практики за техническа поддръжка и ремонт са регламентирани в инструкции, определящи изпълнението на следните дейности:

#### ***Превантивно техническо обслужване и ремонт***

В инструкцията за превантивно техническо обслужване и ремонт на конструкции и компоненти от технологичните системи, са регламентирани:

- редът/процесите, отговорностите и сроковете за планиране на превантивните техническо обслужване и ремонт;
- модификациите, подготовката, обезпечаването и документирането на изпълнението;

- анализът на данните за техническото обслужване, ремонтите, инспекциите и контрола;
- редът, отговорностите и сроковете за обсъждане, приемане и реализиране на препоръките (коригиращите мерки) от анализите на тенденции;
- процесът за оценяване ефективността на изпълнените коригиращи мерки.

### ***Прогнозиращо техническо обслужване и ремонт***

В инструкцията за прогнозиращи техническо обслужване и ремонт са определени редът, отговорностите, планирането, изпълнението и анализът на резултатите. Прогнозиращото техническо обслужване и ремонт се извършва основно по препоръки от контрол за диагностика на състоянието на КСК.

### ***Изпълнение на аварийен (коригиращ) ремонт***

В инструкцията за аварийен (коригиращ) ремонт, са определени редът, отговорностите и сроковете за изпълнението му.

Дейностите от системата за превантивни техническо обслужване и ремонт отчитат механизмите и ефектите на стареене и са насочени към минимизиране на деградацията на материалите.

С цел контрол и смекчаване на ефектите на стареенето на КСК в АЕЦ “Козлодуй”, в рамките на общата ПРОГРАМА са разработени и се прилагат програми за управление на стареенето на следните КСК:

- корпусите на реакторите;
- парогенераторите;
- тръбопроводи I контур;
- компенсатор на налягане;
- главни циркуляционни помпи;
- дизел генераторна станция (ДГС);
- акумулаторни батерии;
- блочни трансформатори и трансформатори за собствени нужди;
- вътрешно корпусни устройства (ВКУ);
- основно топлообменно оборудване;
- вкопани тръбопроводи от система за техническа вода (QF);
- хидроамортизъри;
- кабели и кабелно стопанство;
- строителните обекти на “АЕЦ Козлодуй”;
- херметичните конструкции на блокове 5 и 6;
- хидротехнически съоръжения за техническо водоснабдяване (ХТС).

На база анализите от техническото обслужване и ремонт и предписаните коригиращи действия в случай на нарушаване на критериите за приемливост, както и отчитането на експлоатационния опит и научните изследвания в областта, се извършва подобряване на програмите за управление на стареенето.

#### 2.3.1.5. Осигуряване на качеството на ПРОГРАМАТА:

*2.3.1.5.1. Събиране и съхранение на данни и информация за тенденциите в историята на техническата поддръжка и данните от експлоатацията;*

Въведена е Интегрирана система за управление, изградена в съответствие с:

- IAEA, The Management System for Facilities and Activities, Safety Requirements, GS-R-3, IAEA (2006), заменен от IAEA, Safety of Nuclear Power Plants: Leadership and Management for Safety, General Safety Requirements No. GSR Part 2, IAEA, Vienna (2016);
- Системи за Управление на качеството. Изисквания БДС EN ISO 9001:2008/2015;
- Системи за управление по отношение на околната среда. Изисквания и указания за прилагане, ISO 14001:2004/2015;
- Системи за управление на здравето и безопасността при работа, OHSAS 18001:2007.

Интегрираната система е описана в „Наръчник на системата за управление на "АЕЦ Козлодуй" ЕАД". Системата е изградена на процесен принцип, с отчитане на спецификата на "АЕЦ Козлодуй" ЕАД и реално протичащите процеси.

Управлението на документите в "АЕЦ Козлодуй" АЕД е структурирано в спомагателен процес "Управление на документи и записи", обхващащ дейностите по управление на контролираните документи и записите през целия им жизнен цикъл.

Дейностите по управление на документите и записите са регламентирани в правила за управление на документите, записите и архивните документи, инструкции за поддържане и работа с бази данни и др.

От въвеждането в експлоатация на АЕЦ "Козлодуй", в архиви се събират и съхраняват:

- конструкторска и заводска документация;
- нормативни документи, въз основа на които е изготвен и реализиран проектът на централата;
- записи от оперативната експлоатация;
- отчетни и други технически документи и кореспонденции за извършени монтажни, пусково-наладъчни и ремонтни работи;

- документи за изпълнени технически решения, чрез които са внесени изменения в проекта;
- документи с резултати от извършен безразрушителен експлоатационен контрол на основен метал, наварени повърхности и заварени съединения;
- документи от други дейности, осигуряващи обективна информация за извършване на периодични оценки и документиране на потенциалните механизми на деградация, които могат да окажат влияние на функциите за безопасност на конструкциите, системите и компонентите.

Наред с горепосочените, се документират и се съхраняват записи за:

- технологичните параметри (характеристики) на основното и спомагателното оборудване и системи;
- отработените часове на основното оборудване;
- технико-икономическите показатели;
- проявените дефекти и откази на КСК;
- документите от анализи на събития;
- документите, доказващи планираните и изпълнените през годините превантивни техническо обслужване и ремонт на КСК, експлоатационен безразрушителен контрол, геодезичен контрол и измервания, планираните и изпълнени графици на техническия надзор (държавен и ведомствен);
- работните програми на инженерната химия;
- програмите и актовете от функционални и комплексни изпитания на оперативната експлоатация и екипите по инженерното осигуряване, и
- други документи, предоставящи информация за оценка и документиране на потенциалните механизми на деградация, които могат да окажат влияние на функциите за безопасност на конструкциите, системите и компонентите.

В централните архиви се регистрират:

- всички документи, които описват начина на изпълнение на дейностите по управление на проекта, оперативната експлоатация и инженерното осигуряване;
- документите с описание на проекта (Отчет за анализ на безопасността, Вероятностен анализ на безопасността и Технологичен регламент);
- заводската документация на влаганите материали в производството и за доставяното оборудване,
- отчетни документи от техническо обслужване и ремонт, модификации на оборудване и съоръжения (актове, протоколи и други).

В АЕЦ “Козлодуй” се използват също и електронни информационни системи и бази данни, чрез които се реализира процесът по събиране на данни и съхраняване на записи.

Действащата система за събиране на данни и съхраняване на записи предоставя възможности за:

- анализ на тенденциите в деградацията на характеристиките на КСК;
- прогноза за функционирането на всеки компонент и неговия срок за работа;
- идентификация и оценки на деградацията;
- отказите и нарушенията, причинени от стареенето.

#### *2.3.1.5.2. Индикатори, използвани за оценка на ефективността.*

В рамките на Интегрираната система за управление на “АЕЦ Козлодуй” ЕАД са обособени подпроцеси “Управление на ресурса на КСК” и “Управление на квалификация на КСК, важни за безопасността”.

Изискванията, основните принципи, отговорностите и задълженията по оценка ефективността в АЕЦ “Козлодуй” са определени в “Правила за осигуряване на качеството. Използване на система от показатели за самооценка на ефективното управление на "АЕЦ Козлодуй" ЕАД”.

Оценката на ефективността на програмите се извършва с помощта на Система от показатели за самооценка. Част от тази Система са обобщените, функционалните и конкретните показатели, отразяващи краткосрочните и дългосрочни задачи и изпълняваните дейности. В Системата от показатели за самооценка, в част “Ефективна експлоатация”, са определени следните функционални показатели, имащи отношение към управлението на ресурса:

- “Ефективност на поддръжката”;
- “Управление на ресурса на основното оборудване“;
- “Честота на нарушенията в работата на основното оборудване”;
- “Работоспособност на системите за безопасност”.

Функционален показател “Управление на ресурса на основното оборудване“ се състои от следните 5 конкретни показатели:

- ”Проектни режими, влияещи на ресурса на основното оборудване”;
- „Наработка на КСК от СБ”;
- „Брой цикли на КСК от СБ”;
- „Химически индекс”;
- ”Откази на квалифицираното оборудване от списък Safe Shutdown Equipment List (SSEL)”.



### **2.3.2. Оценка на стареенето**

#### 2.3.2.1. Основни стандарти и ръководства, както и ключови проектни, производствени и експлоатационни документи за изготвянето на ПРОГРАМАТА;

При разработка на ПРОГРАМАТА са използвани основните нормативи, стандарти и ръководства представени в точки 2.1, 2.2 и 2.3 от настоящия доклад.

При прегледа на управление на стареенето са взети предвид изискванията за осигуряване на надеждна работа на оборудването, представени в проектните документи на производителя и в експлоатационната документация. Отчетени са експлоатационната история, историята на отказите, водохимичните режими, техническото обслужване и ремонт, както и информацията от пусковите изпитания и въвеждането на оборудването в експлоатация.

#### 2.3.2.2. Основни елементи, използвани в програмите на АЕЦ, за оценка на стареенето;

За ефективно управление на стареенето, в съответствие с посочените ръководни документи на МААЕ, е необходимо всяка програма за управление на стареенето да притежава следните девет основни характеристики (елементи):

1. Обхват, базиран на разбиране на стареенето;
2. Превантивни действия за минимизиране и контрол на деградацията;
3. Детектиране на ефектите на стареенето;
4. Мониторинг и проследяване на ефектите на стареенето;
5. Ограничаване на ефектите на стареенето;
6. Критерии за приемливост (допустимост);
7. Коригиращи дейности;
8. Обратна връзка от експлоатационният опит и резултати от научни изследвания;
9. Управление на качеството и административен контрол.

Анализът за съответствието на действащите в АЕЦ „Козлодуй” програми в области – ремонт и поддръжка, квалификация на оборудването, контрол по време на работа, надзор и мониторинг и управление на химичните режими относно корпус на реактора, електрически кабели, вкопани тръбопроводи и строителни конструкции, е представен в раздели 3÷7 на настоящия Национален доклад

#### 2.3.2.3. Процеси/процедури за определяне механизмите на стареене и възможните последствия от тях;

При ефективното управление на стареенето на КСК важни за безопасността, е необходимо да се определят механизмите на стареене и критичните участъци на

компонентите, като се вземат предвид видът на материалите, състоянието и въздействието на стресорите.

За определяне на механизмите на стареене за КСК от обхвата на ПРОГРАМАТА се прилага следния подход:

- Събиране на входни данни;
- Анализ на информацията;
- Определяне на потенциалните и доминиращите механизми на стареене.

Като входни данни за определяне на механизмите на стареене се използва информация за КСК от следните източници:

- проектно-конструкторската документация, паспортите на оборудването и др.;
- регламентите за експлоатация, производствените инструкции за експлоатацията на оборудването и организацията на производството, технологични схеми и технически описания и др. документация;
- документация по изменения на проектни решения, замени (проекти, решения, технически решения);
- отчетна документация по техническо обслужване и ремонт на елементите (в т.ч. по експлоатационен контрол, изпитвания, освидетелствания и изпробвания);
- отчетна документация по контрола на водохимичния режим на средите и корозионното състояние на елементите;
- отчети за нарушения в работата на оборудването;
- наличните бази данни за надеждността, дефекти, ремонти, в т.ч. за целия период на експлоатацията;
- документация по отчета на отработени ресурси, цикли на натоварване на оборудването;
- отчетна документация за по-рано извършени оценки и анализи.

Въз основа на получената информация за фактическото състояние на КСК, се извършва анализ на проектната документация и историята на тяхната експлоатация, на резултатите от текущ контрол, изпитвания и изпробвания, изпълнявани в съответствие с изискванията на действащата техническа документация.

За всяка КСК се определят потенциалните механизми на стареене по предварително определени списъци. Въз основа на анализа на получената информация и на експертни оценки се определят доминиращите (от откритите) механизми на стареене, проявени за конкретните съоръжения, както и критичните места.

#### 2.3.2.4. Установяване на критерии за приемливост по отношение на стареенето;

Критериите за приемливост се определят за всеки компонент, или еднотипно оборудване, и са свързани с механизмите на деградация във връзка с изпълнението на проектната функция от съответната КСК.

Критериите за приемливост се изразяват като гранична стойност за контролирания параметър на стареене, включваща изисквания запас по безопасност.

Критериите за приемливост се определят съгласно резултатите от проектните изчисления, нормативни изисквания или от допълнително извършвани изчисления и анализи продиктувани от натрупания експлоатационен опит.

Конкретните критерии за приемливост за всяко от разгледаните в доклада КСК, са указани в съответните части на настоящия доклад.

#### 2.3.2.5. Използване на научно-изследователски програми;

При извършването на дейностите по управление на стареенето и определяне на ресурса на КСК от обхвата на ПРОГРАМАТА, АЕЦ „Козлодуй” привлича различни научно-изследователски институти и организации. Информация за това се съдържа в т.т. 3, 4, 5 и 7 от настоящия Доклад.

#### 2.3.2.6. Използване на вътрешния и външния експлоатационен опит.

Наредба за осигуряване безопасността на ядрените централи изисква разработване и систематично прилагане на програма за събиране, анализиране и документиране на вътрешния и външния експлоатационен опит.

Процесът по обратна връзка от експлоатационния опит в АЕЦ „Козлодуй” е описан и регламентиран в йерархично подредени документи. Основният документ, който регламентира процесът е “Правила за безопасност. Система за обратна връзка от експлоатационния опит”.

Редът за получаване, оценка и разпространение на информацията за експлоатационен опит е определен в “Процедура за използване и разпространение на експлоатационен опит”. Процедурата регламентира дейностите и отговорностите по преглед и оценка на вътрешен експлоатационен опит, а също така разпространението и прилагането на експлоатационния опит от други АЕЦ и отраслови организации, сред персонала на АЕЦ “Козлодуй”. В обхвата на процедурата са дейностите по споделяне на експлоатационен опит с членовете на Световната асоциация на ядрените оператори WANO (World Association of Nuclear Operators) и Международната агенция по атомна енергия (МААЕ), процесът на оценка за приложимост и използване на информация от други източници – публикации, тематични семинари, доклади от командировки, периодични отчети и анализи, работни практики, предложения от персонала и др. В процедурата е регламентирана работата на

постоянно действаща Комисия за преглед и оценка на експлоатационен опит, която се събира минимум веднъж месечно.

Събирането, оценката, класификацията и записите за възникнали вътрешни събития и откази се осъществява по реда на:

- Методика за анализ на събития и експлоатационен опит;
- Инструкция за реда за докладване и анализ на експлоатационните събития в “АЕЦ Козлодуй” ЕАД – регламентира реда и отговорностите за докладване, анализ на експлоатационни събития и възлагане и контрол на изпълнението на коригиращите мерки;
- Инструкция за реда за докладване и анализ на събития от ниско ниво и почти събития – регламентира дейностите, свързани с прилагане на систематичен подход за идентифициране и редуциране на скрити недостатъци (събития от ниско ниво и почти събития) преди те да са довели до сериозни отклонения, събития или инциденти, като ефективен способ за повишаване на безопасността и за спестяване на значителни финансови средства.

Окончателното утвърждаване на коригиращите мероприятия, произтичащи от външен експлоатационен опит, се извършва от Съвет по експлоатационен опит – консултативен орган към Директор “Производство”. Работата на Съвета е регламентирана в “Правилник за работата на Съвет по експлоатационен опит в Дирекция “Производство”.

АЕЦ “Козлодуй” извършва периодичен преглед на ефикасността на процеса по използване на външния опит на база предварително поставени цели и критерии. Основната цел на използването на външния експлоатационен опит е недопускане повторяемост на важни за безопасността събития, които вече са регистрирани и анализирани в други централи.

Прегледът за ефективност на процеса по използване на външен експлоатационен опит се извършва веднъж годишно от Комисия за преглед и оценка на експлоатационен опит, с изготвяне на отчет в съответствие с изискванията на процедура за използване и разпространение на експлоатационен опит. Отчетът се внася за разглеждане от Съвет по експлоатационен опит.

### **2.3.3. Мониторинг, изпитване, пробоотбор и инспекция**

В АЕЦ Козлодуй са утвърдени и въведени в действие програми, включващи дейности за мониторинг, изпитване, пробовземане и инспекции.

### 2.3.3.1. Програма за мониторинг на показатели за състоянието, параметри и тенденции;

#### *Диагностични системи.*

В рамките на системата на прогнозиращо техническо обслужване и ремонт е въведена в действие инструкция за мониторинг, анализ и оценка на КСК. Тя определя принципите, обхвата, отговорностите и отчитането на дейностите по отношение на наблюдаваните съоръжения, използваните методи за диагностика на техническото състояние, начина на събиране и съхранение на информацията, методите за анализ, заключенията и препоръките, както и контрола на количеството и качеството на извършените анализи; изискването резултатите от диагностиката на КСК чрез щатните системи, стационарните и преносимите средства и оборудване да се документират, систематизират и анализират.

Контролът на състоянието и условията на работа на КСК включва следните технически средства:

- Компютърна информационна система “OVATION” визуализира информацията, осигурявана от унифицирана информационна система. Това включва текущата информация за състоянието на оборудването на блока, базата данни на унифицираната информационна система, достъп до архивираните данни и информацията, осигурявана от ядрените приложни програми. Основни ядрени приложни програми са:
  - мониторинг на генератора – мониторинг и определяне на максимални и минимални температури на статора, ротора и охладителите на генератора. Изчисляване на степента на теч на водород и азот и на абсолютната влажност на водорода;
  - мониторинг на двигатели – предоставя на потребителя информация за състоянието на избраните работни характеристики на двигателя, като например броя на стартиранията на двигателя и натрупаното време на експлоатация на двигателя. За избрани двигатели, натрупва пусканията от горещо състояние, от студено състояние, пусканията под товар, пусканията на празен ход и опитите за пускане;
  - програма за контрол на защиты и блокировки – автоматично следи работните характеристики, в съответствие с технологичните условия за задействане, на дискретните устройства и компонентите на оборудването в централата в системата за защита и управление. Указва на оператора следените компоненти от оборудването на централата, които са в

състояние на аларма, ако е предвидено компонента да бъде в аномално състояние;

- програма за мониторинг на турбина – следи нагряването и термичните условия на турбината. Нагряването на основния тръбопровод за пара, нагряването на стопорните клапани на турбината и разликите в температурата на корпуса на турбогенератора се следят при стартирането и експлоатацията на турбогенератора;
  - програма за корекции на разход и ниво – изчислява коефициентите за корекция за определените разходи и нива, и след това прилага тези коефициенти към измерванията за разход и ниво;
  - програма за разгриване/разхлаждане – изпълнява изчисления за скорост на промяна на топлоотвеждане по I-ви контур и сравнява тези скорости с граничните стойности;
  - програма за резервирани измервания – изчислява средната стойност от определена група сигнали, определя най-добрата средна стойност от резервираните датчици, като изключва датчика с неточни показания;
  - програма за автоматично отчитане на циклите на натоварване – следи работата на набор от прекъсвачи и клапани. Изчисляват се работните характеристики на компонентите, като брой на включено, отворено, общ брой цикли и общото време на работа;
  - програмата за режим на блока – следи предварително дефинирани групи от подбрани параметри на централата за определяне на режима и подрежима на работа на блока.
- Система за детекция на мигриращи тела KUS. Компютърна информационна система за откриване и локализиране на мигриращи тела и/или разхлабени механични съединения по важни елементи от оборудването на I-ви контур – реактор, главни циркуляционни тръбопроводи, главни циркуляционни помпи, парогенератори. Ударите или въздействията от мигриращи тела по вътрешната повърхност и съоръженията по първи контур предизвикват единични шумови събития. Тези звукове се отразяват като структурни шумове в компонентите на първи контур и се засичат от акселерометри, които са прикрепени по външната повърхност на първи контур.
  - Система за ранно откриване и локализиране на протечки FLUS. Компютърна информационна система за ранно откриване и локализиране на протечки по важни елементи от оборудването на I-ви контур – реактор (горен блок), главни циркуляционни тръбопроводи, компенсатор на обема, характерни места в

хермозоната. Системата измерва нивото на влагата над локална област посредством система от датчици и линии за отвеждане на въздушния поток към тях.

- Система за контрол на термичните цикли FAMOS. Компютърна информационна система за непрекъснат контрол на температурния режим на предварително определени тръбопроводи от оборудването на I-ви контур. Системата събира и съхранява измерени технологични величини в реално време, като периодично регистрира данни.
- Система за контрол на появяването на парогазова смес (ниво на топлоносител) в корпуса на реактора – обезпечава контрол на следните параметри:
  - наличие или отсъствие на топлоносител в течна фаза дискретно на три нива (точките за контрол на индикатора на ниво) по височината на реактора;
  - температури на изхода от топлоотделяща касета и в горната част под капака на реактора;
  - температури в аварийно състояние на реактора (до 1200°C).
- Система за защита на реактора от студена опресовка – има за задача да ограничи последствията от непреднамерено задействане на устройства за повишаване на налягането чрез изключване на компоненти на системи за повишаване на налягането и, съответно чрез затваряне на подаващи линии. Системата е проектирана да ограничи прекомерното повишаване на налягането в резултат на подаване на вода и/или неотвеждане на остатъчното топлоотделяне, генерирано в първи контур, по време на операции по спиране и пускане на блока и при отклонения от условията за нормална експлоатация.
- Система за автоматичен контрол на напрегащите сили в сноповете на защитните обвивки на блокове 5 и 6 на АЕЦ Козлодуй – предназначена е да визуализира в реално време, да регистрира, документира и обработва данни за напрегащите сили в напрегателните снопове, чрез измерване на припадащите се сили в шест броя отделни възжета в един сноп, с цел оперативно получаване на първична информация (в реално време) за състоянието на защитната обвивка на херметичната част на реакторно отделение.
- Системата за техническо диагностициране на главните циркуляционни помпи на първи контур (ГЦН-195М). Автоматизираната система е предназначена за определяне на текущото техническо състояние на главните циркуляционни помпи на реакторните установки чрез обработка на данните от топлотехническия и вибрационен контрол на главните циркуляционни помпи.

- Информационна система за мониторинг на параметрите на водохимичните режими на I-ви и II-ри контур – предназначена е да осигурява автоматично измерване, регистрация на физико-химични показатели на топлоносителя и тяхна визуализация на работните станции на оперативния персонал.
- Периодичен контрол на техническото състояние на електродвигатели 6 и 0,4 kV под товар. Контролът на състоянието на електродвигателите се състои в измерване на електрическите параметри, пускови и работни характеристики на асинхронни двигатели 6 kV и 0,4 kV в работа и под товар, с прибор, използващи токови клещи и напреженови измервателни сонди.
- Система за мониторинг на вибрационното състояние на агрегати INTELLINOVA. Системата е предназначена за непрекъснато on-line следене състоянието на лагерите и силата на вибрациите на почти 100 агрегата от II-ри контур, вентилационни системи в хермозона и помпи аварийно разхлаждане на I-ви контур.
- Вибрационен контрол на по-важните КСК от Реакторно отделение, Турбинно отделение и Спецкорпус-3, и главните паропроводи на 5 и 6 енергоблокове, принадлежащи към системите за безопасност, системите важни за безопасността и системите за нормална експлоатация. Оценката на вибрационното състояние се прави при номинални режими на работа. Контролира се вибропреместване, виброскорост и виброускорение, което позволява качествена оценка на техническото състояние на машините и диагностиране на дефектите и тяхната тежест в процеса на експлоатация.
- Термовизионен контрол. В рамките на мероприятията за предремонтна диагностика на оборудването се извършва термовизионен контрол на съоръженията. В обема на контрол влиза основното електрическо оборудване, като блочни трансформатори, трансформатори собствени нужди, резервни трансформатори, турбогенератор и възбудител, катодни отводители, кабелни глави, токопроводи 6 и 0.4 kV, генераторен прекъсвач, електродвигатели, трансформатори 6/0.4, секции 0.4 и др. Контрол се извършва съгласно общия списък на контролираното оборудване, както и конкретни списъци, изготвени преди ремонт на блока.
- Шумов мониторинг на вътрешно корпусни устройства на реактора. Използват се приложенията на шумовата диагностика чрез съществуващите измервателни камери за плътност на неутронния поток, които осигуряват допълнителна полезна информация за вибрациите на вътрешно корпусни устройства. Източниците на шум в сигнала за неутронния поток може да бъдат отделени и



подложени на корелационен анализ, за да бъдат определени причините. Разглеждат се експерименталните данни, получени при различни нива на топлинна мощност на блока и при различен брой ефективни денонощия.

Изброените диагностични системи следят степента на влияние на стареенето с помощта на периодични пресмятания на натрупаните увреждания, както и като се използват нарастванията на частичните стойности на натрупаните увреждания или пресмятания на базата на записи на измервания на експлоатационни величини.

Системите следят дефинираните параметри, чиито стойности служат за входни данни за пресмятане на натрупаните увреждания от умора и извършват периодични пресмятания на натрупаните увреждания от умора в местата за оценка. Тук се включват както параметрите, измерени чрез системите за технологични измервания в АЕЦ “Козлодуй”, така и данните от историята на експлоатационните преходни процеси.

На базата на вече записани резултати от извършени оценки, съответни софтуерни програми правят прогнози на уврежданията в местата за наблюдение, или дават информация за извършване на експертни оценки.

#### 2.3.3.2. Програми за инспекция

По време на експлоатацията на централата се контролира възможното влошаване на състоянието на КСК с цел оценка на приемливост за продължаване на безопасната експлоатация или появата на необходимост от възстановителни мерки. Особено внимание се отделя на първи и втори контур.

Формирани са изходни бази данни (паспортни данни от производителя) и допълнителни, получени при монтажа и входящия контрол на оборудването. Тези данни създават основата на сравнение с данни от последващи проверки. Обемът на инспекцията по време на експлоатация включва системи и компоненти в съответствие с тяхната важност за безопасността:

- Части от компонентите, подложени на въздействието на налягането на топлоносителя;
- Компоненти на системата на първи контур или свързани с нея компоненти, които се явяват важни за обезпечаване спирането на реактора и охлаждане на ядреното гориво, в съответствие с условията за нормална експлоатация и при постулирани аварии;
- Други компоненти, например главен паропровод или тръбопроводите на питателна вода, преместването или отказ на които може да изложи на опасност системата.

Системите и компонентите, работещи под налягане, се подлагат на:

- Изпитание на системите на плътност и якост;

- Изпитание на системата на плътност преди въвеждане в експлоатация на реактора след ремонт, при който е била нарушена херметичността на първи контур;

Периодичността на контрол при експлоатация на блокове 5 и 6 гарантира, че всяко влошаване в състоянието на най-натоварения компонент, ще бъде установено преди де се стигне до отказ.

#### ***Работни програми за безразрушителен металоконтрол***

Работните програми за експлоатационен контрол на метала на оборудването и тръбопроводите от първи и втори контур са неразделна част от документите за подготовка на плановите годишни ремонти. Срокът за изготвянето на работните програми е регламентиран в инструкцията за превантивно техническо обслужване и ремонт на конструкции и компоненти от технологични системи. Експлоатационният безразрушителен контрол на КСК се планира на базата на инструкцията за експлоатационен контрол на основен метал, наварени повърхности и заварени съединения на оборудването и тръбопроводите на блокове ВВЕР-1000 в АЕЦ „Козлодуй“.

Програмите се изготвят и съгласуват от отговорните подразделения на АЕЦ „Козлодуй“ и се изпращат за съгласуване в АЯР, преди началото на конкретния планов годишен ремонт, съгласно лицензионните условия за експлоатация на блокове 5 и 6.

По резултатите от контрола от предходни години и натрупания експлоатационен опит, обемът на контрола в работните програми може да бъде увеличаван, в сравнение с посочения в инструкцията за експлоатационен контрол на основен метал, наварени повърхности и заварени съединения на оборудването и тръбопроводите на блокове ВВЕР-1000 в АЕЦ „Козлодуй“, на основание решение на технически съвет и/или искане на АЯР.

За всяко отделно съоръжение и за всеки възел обемът, периодичността, нормативно-техническата документация и методът на контрола са дефинирани в инструкцията за експлоатационен контрол на метала. Контролът по различните методи се провежда съгласно утвърдени и стандартизирани (или валидирани) процедури за контрол и инструкции и методики за контрол. Тези документи съдържат раздели, в които са описани начинът на констатиране на несъвършенства в метала, класифицирането им спрямо съответен стандарт и оценяването им за допустимост съгласно нормите. Последващото действие, след констатирани и докладвани несъвършенства, е вземане на решение на технически съвет за замяна (ремонт) на възела или за увеличение на обемите на контрола, а самите дейности са регламентирани в инструкцията за експлоатационен контрол.

Периодичността на контрола се определя съгласно изискванията на документи: “Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных

энергетических установок. Москва, Энергоатомиздат, 1990 г.” (ПНАЭ Г 7–008–89) и “Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций” (НП-001-15) и вариат в зависимост от активните деградационни механизми. Периодичността на контрола на компонентите с регистрирани нецялостности се определя с решение на технически съвет в съответствие с инструкцията за експлоатационен контрол.

Определянето на тенденциите е чрез провеждане на сравнителен анализ на състоянието на метала на оборудването и тръбопроводите, на база получени резултати при настоящ и при предишен периодичен контрол. Сравнителните анализи и заключенията, относно развитие на нецялостностите, се прилагат към актовете за изпълнение на работните програми за контрол.

Критериите за допустимост на наблюдаваните при контрола параметри са определени в нормативни документи, към които има референции в инструкцията за експлоатационен контрол.

При регистриране на недопустими нецялостности (дефекти) съгласно нормите за оценка, установени в нормативно-техническите документи, се провежда допълнителен контрол за определяне на параметрите на дефекта и анализ на причините, довели до поява (нарастване) за дефекта. Технически съвет взема решение за премахване на установените причини (замяна на оборудването, изменение на режима на експлоатация, ремонт и други) и определя възможността за по-нататъшна експлоатация на оборудването и тръбопроводите, въз основа на:

- документите, отразяващи резултатите от контрола на състоянието на метала в зоната на откритите нецялостности, представени от организацията, извършила контрола;
- акт за анализ на дефектен възел;
- налични други документи – сертификат по качество, якостни оценки, оценка от корозионно изследване и други.

Контролирани участъци от оборудване с регистрирани нецялостности, допуснати до експлоатация без ремонт, в следващия планов годишен ремонт се контролират в обем 100% с методите, с които са били открити. Последващия обем и периодичност на контрола се определят с решение на технически съвет, в съответствие с документите, действащи в АЕЦ “Козлодуй”.

Контролът се извършва от акредитиран “Орган за контрол от вида С – Изпитвателен център “Диагностика и контрол”.

В АЕЦ “Козлодуй” е създадена и функционира система за квалификация на безразрушителния контрол, съгласно изискванията на Методология за квалифициране на

системи за експлоатационни инспекции на Атомни електроцентрали с ВВЕР (IAEA-EBR-WWER-11. Methodology for Qualification of ISI Systems for WWER Nuclear Power Plants. March 1998).

След плановите годишни ремонти се съставят отчети за извършения контрол, които се представят в АЯР.

#### 2.3.3.3. Надзорни програми

Целта на програмата за надзор на КСК, важни за безопасността, се състои в поддържане и подобряване готовността на оборудването, потвърждаване съответствието с пределите и условията на експлоатация, и откриване и отстраняване на всяко нарушение на нормалната експлоатация преди появата на съществени последици за безопасността. Аномалните експлоатационни условия включват не само дефекти в КСК и работа на програмното обезпечение, процедурни грешки и грешки на персонала, но също така и появата на тенденции спрямо експлоатационните предели, анализът на които може да покаже отклонение на АЕЦ от предвидените в проекта цели. Програмата трябва да потвърди наличието на достатъчен запас, осигуряващ безопасността в случай на въздействие от очаквани експлоатационни събития, грешки и отклонения. Особено внимание се отделя на:

- Целостта на бариерите между радиоактивните материали и околната среда;
- Готовността на системите за безопасност;
- Готовността на устройства, отказът на които може да повлияе неблагоприятно на безопасността.

Мерки по надзора, които се предприемат за потвърждение целостта и да се оцени остатъчният ресурс на първи контур, са:

- Измерване на протечките;
- Инспекция и изпитания на якост на първи контур;
- Регистрация на преходните процеси и тяхното сравняване с разгледаните в отчета по анализ на безопасността;
- Изпитание на работоспособността и плътността на отсичащи устройства, които се явяват граница на първи контур;
- Контрол на системите за ранно откриване на течове;
- Контрол на химическия състав на топлоносителя по първи и втори контур;
- Контрол на образците-свидетели.

Мерки по надзора, които се предприемат за потвърждение целостта на херметичната конструкция, са:

- Изпитания на плътност;
- Изпитания на плътност на проходките;

- Инспекция на структурната цялост;
- Контрол на условията в херметичната конструкция.

Честотата и обемът на надзора на отделните КСК се определя от:

- Важността на КСК за безопасността;
- Препоръки на производителя;
- Очаквания механизъм на отказите;
- Опит от интензивност на отказите;
- Степента на автоматизация на надзора.

В програмата за надзор на оборудването на 5 и 6 блок са регламентирани:

- Периодични функционални изпитания;
- Метрологична проверка на работоспособността на контролно-измервателните прибори. Калибровка на датчици и прибори;
- Изпитания след техническо обслужване или ремонт;
- Програми за надзор след реализация на модификации, важни за безопасността;
- Контрол (мониторинг);
- Инспекции и проверки на състоянието на технадзорните съоръжения.

#### 2.3.3.4. Мерки за установяване на неочаквана деградация.

Методите за установяване на неочаквана деградация включват анализ на резултатите от изпълнението на програмите за мониторинг, инспекции и надзор и експлоатационен опит.

#### **2.3.4. Превантивни и коригиращи действия**

В АЕЦ Козлодуй е изградена система за превантивни и коригиращи действия, регламентирана в следните документи:

- Инструкция за организация и контрол при монтаж на оборудване и тръбопроводи;
- Инструкция за извършване на коригиращ (авариен) ремонт;
- Инструкция за извършване на проверки за съответствия и контрол на качеството при извършване дейности, свързани с ремонта на конструкции, системи и компоненти;
- Инструкция за превантивно техническо обслужване и ремонт на конструкции, системи и компоненти от технологични системи;
- Инструкция за изпълнение на прогнозиращо техническо обслужване и ремонт.

В АЕЦ „Козлодуй” се прилага набор от процедури за поддръжка (ремонтни инструкции) за всяка технологична система. Процедурите описват системите, техните функции, свързаните с тях технически спецификации и списък с оборудване и компоненти, списък от всички законови и задължителни изисквания.

Превантивната и коригиращата поддръжка се извършват в съответствие с дългосрочния, годишния и месечните графици. Изготвят се отчети за извършените дейности, съдържащи заключения, констатации и препоръки за коригиращи действия.

## **2.4. Преглед и актуализация на ПРОГРАМАТА**

ПРОГРАМАТА, като част от Системата на управление на “АЕЦ Козлодуй” ЕАД, подлежи на актуализация след провеждане на прегледи на Системата. Основните дейности, имащи отношение към прегледа са:

- Наблюдение и измерване;
- Самооценка;
- Независима оценка.

Задълбочен независим преглед на програмата за управление на стареенето се извърши в рамките на инициирания от “АЕЦ Козлодуй” ЕАД проект “Продължаване срока на експлоатация на 5 и 6 блок на “АЕЦ Козлодуй” ЕАД”, в рамките на който е извършено комплексно обследване и оценка на остатъчния ресурс на оборудването и съоръженията на блокове 5 и 6 на АЕЦ “Козлодуй”.

Комплексното обследване на фактическото състояние и оценка на остатъчния ресурс е извършено в съответствие с “Методология за провеждане на комплексно обследване и оценка на ресурса на оборудването и съоръженията на блокове 5 и 6 на АЕЦ “Козлодуй”. Съгласно методологията, оценките се основават на анализа на следната информация:

- Сведения за историята и условията на експлоатация;
- Съществуващи ресурсни характеристики;
- Условия на експлоатация;
- Сведения за водохимичния режим;
- Изменения на проектните решения;
- Стратегия за техническо обслужване и ремонт, ремонтна документация, непланови ремонти, осигуряване на средства за провеждане на техническо обслужване и ремонт;
- Сведения от експлоатационния контрол, системи за диагностика;
- Отчети от изпитания и тестове;
- Нарушения на режимите на експлоатация, откази и повреди на оборудването;
- Отчети от извършвани обследвания, обосновки на остатъчния ресурс.

Вследствие извършеното комплексно обследване, са определени:

- техническото състояние на КСК с определяне на доминиращите и потенциалните механизми на стареене;

- КСК с остатъчен ресурс, чиято експлоатация може да бъде продължена с определен период от време в течение на допълнителния срок на експлоатация на блоковете;
- КСК, чиито техническо състояние и ресурсни характеристики могат да се възстановят или поддържат посредством техническо обслужване и ремонт в течение на допълнителния срок на експлоатация на блоковете;
- КСК, които по предварителна (експертна) оценка имат остатъчен ресурс в течение на допълнителния срок на експлоатация на блоковете, за които е необходимо да се изпълнят допълнителни дейности по обследване, оценка и обосноваване на остатъчния ресурс по специални методики и/или програми с привличане на специализирани организации;
- КСК, чийто ресурс ще бъде отработен при достигането на определения по проект срок на експлоатацията на блока, и чиято замяна е целесъобразна при подготовката на блока за продължаване срока на експлоатация;
- ефективността (техническа и икономическа) на действащата система за техническо обслужване и ремонт, включително контрол при експлоатацията, позволяващ, в частност, да се определи работоспособността на КСК в периода на допълнителния срок на експлоатация на блокове 5 и 6;
- възможността за поддържане на работоспособно състояние на КСК за периода на допълнителния срок на експлоатация на блокове 5 и 6, достатъчността на провежданите регламентни мероприятия за осигуряване на надеждност на елементите и своевременност на откриването на прехода им в гранично състояние.

Като независима експертна проверка на ПРОГРАМАТА и в контекста на продължаване срока на експлоатация на блокове 5 и 6, АЕЦ „Козлодуй“, съгласувано с АЯР, инициира провеждането на партньорска проверка SALTO на МААЕ. През 2016 г., от експертен екип на МААЕ се проведе първата предварителна мисия Pre-SALTO на 5 блок, в следните области:

А: Организация и функции, актуална лицензионна основа, управление на конфигурацията/измененията;

Б: Определяне на обхват и избор, и централски програми, имащи отношение към допълнителния срок на експлоатация;

В: Проверка на управлението на стареенето, преглед на програмите за управление на стареенето и ревалидиране на количествените оценки на остатъчния ресурс за механични компоненти;

Г: Проверка на управлението на стареенето, преглед на програмите за управление на стареенето и ревалидиране на количествените оценки на остатъчния ресурс за КИПиА-компоненти;

Д: Проверка на управлението на стареенето, преглед на програмите за управление на стареенето и ревалидиране на количествените оценки на остатъчния ресурс за строителните конструкции.

#### **2.4.1. Одити и инспекции на лицензианта**

Провеждането на одити и инспекции е част от независимата оценка на дейностите в АЕЦ “Козлодуй”.

Вътрешните одити се извършват планирано и по документирана система, като констатациите и заключенията от одитите се базират на обективни доказателства. Заключенията от одитите включват оценка за съответствие с предварително определените критерии за одита, откритите несъответствия, установените добри практики. За всяко несъответствие се определят коригиращи мерки със срокове и отговорности.

Дейностите, включени в ПРОГРАМАТА, са обхванати от процесите, включени в системата за управление на АЕЦ Козлодуй, които подлежат на периодичен одит на всеки 5 години.

В структурата на централата са обособени подразделения с контролни функции, с определена степен на независимост, които извършват независим инспекционен контрол за спазване на изискванията на международните и национални нормативни документи и стандарти в областта на ядрената безопасност, радиационната защита, осигуряване на качеството, околната среда, пожарната безопасност, техническата безопасност, техническия надзор и метрологичното осигуряване.

За установените несъответствия се определят коригиращи/превантивни действия за отстраняване им.

Информацията, относно изпълнението на определените коригиращи мерки от одити и инспекции, е включена в рамките на системата от показатели за ефективно управление на АЕЦ “Козлодуй”.

#### **2.4.2. Оценка на вътрешния и външния експлоатационен опит**

Изискванията, основните принципи, отговорностите и задълженията по използване на експлоатационния опит в АЕЦ “Козлодуй” са определени в “Правила по безопасност. Система за обратна връзка от експлоатационния опит”. В централата е създадено структурно звено “Експлоатационен опит и показатели за самооценка” и функционират Комисия за преглед и оценка за приложимост на експлоатационния опит (скрининг след първоначалния



преглед) и Съвет по експлоатационен опит. Системата за обратна връзка се състои от две основни програми:

- Програма за използване на вътрешния (собствен) експлоатационен опит;
- Програма за използване на външния (отрасловия) експлоатационен опит.

Източници на вътрешен експлоатационен опит са настъпилите в АЕЦ “Козлодуй” експлоатационни събития, включително събития от ниско ниво и почти-събития (low level events and near misses). Основните етапи в програмата за обратна връзка от вътрешния експлоатационен опит включват:

- Докладване и регистриране на събитие в информационната система;
- Разследване на събитие;
- Анализ на причините – определяне на директните, способстващите и коренните причини (за събития от 1-ва и 2-ра категории);
- Анализ на тенденциите на събития от ниско ниво и почти събития и определяне на общи причини (програмни и организационни);
- Определяне на съответни коригиращи мероприятия за недопускане повторната поява на подобни събития (за 1-ва и 2-ра категории) и намаляване честотата на поява на подобни събития (за 3-та категория);
- Изпълнение и отчитане на коригиращите мерки;
- Оценка ефективността на реализираните коригиращи мерки;
- Периодична оценка на ефективността на програмата, включително и независими външни оценки (АЯР, МААЕ, WANO).

Източници на външен експлоатационен опит са експлоатационни събития, публикувани в информационните мрежи на WANO и IRS-IAEA, материали от семинари, конференции и утвърдените добри международни практики. Основните етапи в програмата за обратна връзка от външния експлоатационен опит включват:

- Първоначален преглед (screening) за приложимост на информацията, публикувана в съответните международни информационни мрежи (WANO, IRS-IAEA);
- Преглед за приложимост на избраната информация от Комисия за преглед и оценка на експлоатационен опит (Screening Committee) и определяне на съответни коригиращи мероприятия;
- Одобряване на коригиращите мероприятия от Съвет по експлоатационен опит;
- Изпълнение и отчитане на коригиращите мерки;
- Оценка ефективността на коригиращите мерки и на програмата за използване на външен експлоатационен опит.

### **2.4.3. Оценка на проектни изменения, които биха оказали въздействие върху ПРОГРАМАТА;**

Измененията в проекта на КСК, важни за безопасността, се извършват след издаване на разрешение от АЯР, съгласно ЗБИЯЕ и Наредбата за реда за издаване на лицензии и разрешения за безопасно използване на ядрената енергия. В Наредбата са определени документите, които трябва да бъдат представени от заявителя за преглед и оценка. Последващ контрол на изпълнената модификация се осъществява чрез провеждане на инспекции от страна на АЯР.

Измененията в проекта на централата се извършват съгласно инструкцията за внасяне на изменения в проекта на 5, 6 блок, която регламентира дейностите по:

- анализ и оценка на предложенията за внасяне на изменения в проекта;
- оформяне на необходимите документи;
- последователност на етапите на реализиране на измененията;
- изпълнение и контрол на дейностите, свързани с управлението на процеса на внасяне на изменения в проекта (постоянни и временни);
- провеждане на изпитания след внедряването;
- внасяне на изменения в действащата документация.

Приетите и реализирани изменения в проекта се отразяват и във всички свързани с управление на стареенето документи в областта на експлоатацията, надзора, техническото обслужване и ремонт и квалификацията на оборудването. Промените се отразяват и в ПРОГРАМАТА чрез актуализация на нейния обхват и актуализация на дейностите по управление на стареенето.

### **2.4.4. Оценка и измерване на ефективността от управлението на стареенето;**

Ефективността на програмите за техническо обслужване, ремонт, изпитвания, инспектиране и водохимичен контрол, реконструкции и модернизации на КСК се оценява чрез:

- количествени и качествени показатели, регламентирани в “Правила за използване на система от показатели за самооценка на ефективното управление в “АЕЦ Козлодуй” ЕАД”;
- периодични протоколи, отчети и други видове документи на структурни звена от “АЕЦ Козлодуй” ЕАД;
- анализи на тенденции в стойностите на конкретните и функционалните показатели;
- постигнатите резултати от дейностите по техническо обслужване и ремонт при работа на блоковете на мощност;

- постигнатите резултати от изпълнението на техническо обслужване и ремонт и модификации при планов годишен ремонт на блок.

#### **2.4.5. Оценка на количествени анализи на ресурса (Time Limited Ageing Analysis – TLAAs)**

При реализирането на цялостната програма за подготовка за продължаване на срока на експлоатация, са изпълнени група мерки относно допълнителни анализи и обосновки на остатъчния ресурс на КСК. Разработен е комплект от анализи на безопасност – термохидравлични анализи, разчети на циклична якост, радиационно окрежкостяване и термична умора и сеизмични разчети, които служат за оценки на остатъчния ресурс.

На база на извършените анализи и определените допълнителни мерки по осигуряване на ресурса на КСК за дългосрочна експлоатация, ПРОГРАМАТА се актуализира.

#### **2.4.6. Отразяване на най-съвременните технологични постижения и резултати от научноизследователска дейност;**

Обменът на информация между АЕЦ, производителите на оборудване и научноизследователските институти е постоянен процес и спомага за:

- Извършване на оценка на срока на експлоатация, ефекти от определени комбинации между условия на работа и експлоатационни условия, темпове на прогресиране и наличие на непредвидени съществени механизми на стареене;
- Реализиране на икономични решения по поддръжка на квалификацията на КСК;
- По-добро разбиране на ефектите на стареене на оборудването и причините за това стареене.

Като пример, към момента са реализирани над 5000 изменения на първоначалния проект на 5 и 6 блок. В голяма част тези модификации са основани на най-съвременните технологични постижения и резултати от научноизследователска дейност.

#### **2.4.7. Отчитане в ПРОГРАМАТА на измененията в настоящата лицензионна или регулаторна рамка;**

Периодични прегледи на ПРОГРАМАТА се извършват в рамките и при условията на действащите Лицензии на 5 и 6 блок от 2003 г. досега. Разработени са 3 редакции на ПРОГРАМАТА, като са разширени и включени редица нови изисквания, произтичащи от изменения в наредбите и ръководствата на АЯР, издадени в този период.

В процес на подготовка е нова редакция на ПРОГРАМАТА, с отчитане на изискванията на Наредба за осигуряване безопасността на ядрените централи от края на 2016 г.

#### **2.4.8. Установяване на нуждата от допълнителна научноизследователска дейност.**

В някои случаи, опитът от експлоатацията или резултатите от научноизследователските работи поставят въпроса за актуалността на извършените по-рано оценки, такива като оценки за продължаване срока на експлоатация и квалификацията на монтирано оборудване. След оценка на тази информация, АЕЦ „Козлодуй” възлага извършване на допълнителни научноизследователски дейности.

#### **2.4.9. Стратегията за периодичен преглед на ПРОГРАМАТА, включително и потенциалната взаимовръзка с периодичните проверки на безопасността;**

Периодичен преглед се извършва:

- на всеки 5 години, съгласно изискванията на процеса Управление на документи на АЕЦ “Козлодуй”;
- всяка година в рамките на преглед на ръководството на Системата за управление;
- при възникнала необходимост, произтичаща от изпълнението на дейностите по т. 2.4. от настоящия Доклад.

Преглед на ПРОГРАМАТА задължително се извършва и в рамките на периодичния преглед на безопасността, провеждан на всеки 10 години, като част от процеса по прелицензиране на блоковете. Обхватът и начинът на провеждане на периодичен преглед на безопасността са определени в регулаторно ръководство “Извършване на периодичен преглед на безопасността на ядрени централи” и съгласувана с АЯР “Методология за провеждане на Периодичен преглед на безопасността на блокове 5 и 6 на "АЕЦ Козлодуй". Проверката включва определяне на статуса на следните фактори за безопасност, свързани с управление на стареенето:

Фактор 1: Проект на ЯЦ в състоянието му при въвеждане в експлоатация;

Фактор 2: Действително състояние на конструкциите, системите и компонентите (КСК);

Фактор 3: Квалификация на оборудването;

Фактор 4: Стареење на оборудването.

#### **2.4.10. Отразяване в ПРОГРАМАТА на нови или неочаквани обстоятелства;**

ПРОГРАМАТА е отворен документ и при възникване на нови или неочаквани обстоятелства, тя се актуализира.

Пример за това е актуализацията на ПРОГРАМАТА след приемането на Националния план за действие след аварията във Фукушима.

#### **2.4.11. Използване на резултатите от дейности за мониторинг, изпитване, пробовземане и инспекции за преглед на ПРОГРАМАТА;**

На база резултатите от извършените дейности по мониторинг, изпитване, пробовземане и инспекции (актове за извършена работа, актове за монтаж, документи от единични и комплексни изпитания, безразрушителен контрол, актове за реализирани технически решения и други видове документи) се извършва преглед на ПРОГРАМАТА по отношение на достатъчност и периодичност на извършвания контрол. При необходимост се актуализират дългосрочни графици и инструкции за контрол, респективно ПРОГРАМАТА.

#### **2.4.12. Периодично оценяване и измерване на ефективността на управление на стареенето**

Оценката и измерването на ефективността от управлението на стареенето са описани в т. 2.4.4. на настоящия Доклад. Периодичността на оценяване и измерване на ефективността е съгласно системата от показатели за ефективно управление – на всеки 3 месеца.

### **2.5. Опит на лицензианта в прилагането на ПРОГРАМАТА**

На база оцененния експлоатационен опит и с цел оптимизиране на дейностите по управление на стареенето, през 2005 г. е извършена структурна промяна в АЕЦ “Козлодуй”, вследствие на която е обособена структурна единица с основни функции, свързани с координация на дейностите по ПРОГРАМАТА, преглед и подобряване на ПРОГРАМАТА, както и организация на дейности, свързани с разработка на нови програми.

Вследствие извършената оценка на опита в прилагането на ПРОГРАМАТА, в съответствие с международно признатите добри практики, през 2009 г. са разработени и въведени в действие програма за управление на квалификацията на оборудването и програми за управление на ресурса на отделните компоненти от обхвата на ПРОГРАМАТА. След постъпване през 2011 г. на съобщение от WANO за значим експлоатационен опит (SOER), обхватът на ПРОГРАМАТА е разширен и допълнително е разработена програма за управление на ресурса на блочни трансформатори и трансформатори собствени нужди.

В резултат на извършения анализ на опита и приетите практики в централата, свързани с управление на стареенето, по време на извършеното в периода 2012-2015 г., комплексно обследване за целите на продължаването на срока на експлоатация на блоковете, е направен задълбочен преглед на стареенето, вследствие на който са идентифицирани области за подобрене, за които са разработени нови специфични програми за:

- вкопани тръбопроводи от система техническа вода;
- кабели, важни за безопасността, в допълнение към обхвата на квалифицираните кабели;

- хидроамортизъри от системите, важни за безопасността.

Въз основа резултатите от комплексното обследване, са актуализирани и голяма част от съществуващите програми за управление на стареенето в централата.

В рамките на периодичния преглед на безопасността на блок 5 през 2016 г., е извършена самооценка на ПРОГРАМАТА, която показва висока степен на съответствие със съвременните изисквания в областта на управление на стареенето, включително и по отношение на WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors, 2014 г.

## **2.6. Процес на регулаторен надзор**

Изпълнението на дейностите, свързани с управление на стареенето, е в обхвата на осъществявания от АЯР регулаторен контрол.

ПРОГРАМАТА е един от документите, необходими за издаването на лицензии за експлоатация на 5 и 6 блок и подлежи на текущ регулаторен контрол за спазване на поставените условия в лицензиите. Оценка на ПРОГРАМАТА от страна на регулатора се извършва в обхвата на процедурите по издаване на лицензиите за експлоатация на блоковете.

Съгласно условията на лицензиите за експлоатация на блокове 5 и 6, АЕЦ „Козлодуй“ е длъжна да извърши комплексно обследване на фактическото състояние на оборудването и съоръженията, с цел подготовка на съответния блок за продължаване срока му на експлоатация.

Комплексното обследване на фактическото състояние на съоръженията на блоковете, с цел определяне на остатъчният ресурс на КСК, е проведено в обхват и срокове, предварително съгласувани от АЯР. Разработените на основание на резултатите от извършената оценка програми за продължаване срока на експлоатация са съгласувани от АЯР четири години преди изтичане на срока на действие на съответната лицензия за експлоатация. Чрез проведени тематични проверки от инспектори на АЯР е проверено изпълнението на програмите за подготовка за продължаване срока на експлоатация на съответния блок. Периодично в АЯР се представят шестмесечни и годишни отчети за статуса на изпълнение на мерките от програмите и се изпращат окончателните отчети от реализирането им. В резултат на извършените проверки и анализ на получените отчети е констатирано, че програмата се изпълнява в съответствие със съгласуваните срокове и обеми.

През 2017 г. е подновена лицензията за експлоатация на блок 5. В процеса на лицензиране е извършена оценка и анализ на ПРОГРАМАТА, която е актуализирана по резултатите от проведения през 2016 г. периодичен преглед на безопасността. Този периодичен преглед на безопасността е изпълнен в съответствие с изискванията на АЯР, за преразглеждане на външните опасности, характерни за площадката, на концепцията за

непрекъснато подобряване на безопасността, включително чрез реализиране на мерки за управление на тежки аварии в контекста на аварията във АЕЦ „Фукушима“. В обхвата на проведения периодичен преглед на безопасността 2016 г. е изпълнен и преглед и оценка на дейностите по управление на стареенето и наличие на ефективна програма за управление на стареенето, в насока потвърждаване на възможността за дългосрочна експлоатация на блоковете.

## **2.7. Оценка на регулатора относно общата програма за управление на стареенето и заключения**

ПРОГРАМАТА представя цялостния процес на управление на ресурса и стареенето, ясно дефинира задачите, разпределението на отговорностите и взаимовръзките между организационните подразделения, по отношение на КСК, важни за безопасността. Разработените специфични програми са в съответствие с нормативните документи, стандартите по безопасност на МААЕ и осигуряват рамка за координиране на всички програми и дейности по експлоатацията, ремонта, контрола и надзора на КСК, важни за безопасността.

В обхвата на ПРОГРАМАТА са включени не само КСК, важни за безопасността, но и други КСК, за които лицензиантът е преценил за необходимо да бъдат включени в програмата от гледна точка удължаване срока на експлоатация на АЕЦ. За всички КСК са определени процесите на стареене и механизмите на деградация. Процесите на стареене и механизмите на деградация са предмет на непрекъснато наблюдение и анализ. Тенденциите се оценяват и се предприемат мерки за забавяне на процесите на стареене, възстановяване на характеристиките на КСК чрез превантивен или коригиращ ремонт, подобряване на техническото обслужване и ремонт на КСК и други мерки.

ПРОГРАМАТА е актуализирана при периодичните прегледи на безопасността през 2008 г. и 2016 г. Лицензиантът е придобил значителен опит по отношение на процесите за управление на стареенето, следи и анализира информацията от международния опит във връзка със стареенето на КСК и прилага информацията, която е приложима към блоковете.

Като резултат от извършените актуализации на ПРОГРАМАТА, са реализирани редица подобрения, свързани с планиране и изпълнение на плановите годишни ремонти и набелязване и изпълнение на конкретни мерки за управление на стареенето и ограничаване на механизмите на деградация на КСК. Пример за подобна мярка е реализирането на нискоутечкова схема на зареждане на активната зона, с цел намаляване влиянието на неутронния флуенс върху корпуса на реактора (радиационно окръжностяване на корпуса).

Ефективността на ПРОГРАМАТА се потвърждава от резултатите от проведеното комплексното обследване на КСК, в рамките на изпълнение на Проекта за продължаване срока на експлоатация.

Контролът на изпълнение на дейностите по управление на стареенето се извършва от АЯР при издаване на лицензии и разрешения и последващия контрол за тяхното изпълнение, включително чрез провеждане на инспекции.

В изготвената дългосрочна инспекционна програма, определяща основните области на контрол, управлението на стареенето е включено в области „Ремонт“, „Инженерно осигуряване“, „Система за управление“ и „КСК, важни за безопасността“.

Изпълнението на ПРОГРАМАТА се проверява и при инспекциите за готовността на блоковете за пуск и експлоатация след планов годишен ремонт и презареждане. Проверява се изпълнението на обемите ремонтни дейности и качеството на изпълнението им, реализираните модификации на КСК и условията на издадените разрешения, както и контрола на корозионното състояние на технологичното оборудване на блока и получените резултати.

При извършване на тези инспекции се обръща особено внимание на резултатите от експлоатационния контрол на метала и съответствието им с изискванията на Инструкцията за експлоатационен контрол на оборудване и тръбопроводи, която съдържа критериите, заложи в нормативните документи и стандартите на страната производител. Като добра практика се отчита изготвянето на допълнителни програми за експлоатационен контрол на оборудване извън обхвата на инструкцията. Допълнителният обем на контрол се определя на база получени данни от вътрешен или външен експлоатационен опит, преценка на експлоатацията/ремонтния персонал, както и контролът, изпълняван за целите на обследването за продължаване срока на експлоатация.

За оценка на системата за техническо обслужване и ремонт на КСК, като част от ПРОГРАМАТА, се извършват инспекции, обхващащи:

- Контрол при изпълнение на коригиращ ремонт на основно оборудване;
- Регистриране на отклонения и дефекти от нормалното състояние на КСК от системите важни за безопасността и осъществяване на независим контрол на ремонтните дейности;
- Организация и контрол за спазване на изискванията при съхранение на резервни части и материали.

Основните резултати от проведените инспекции показват съответствие на разработените документи за извършване на дейностите с изискванията на нормативните документи и стандартите, използвани при проектиране на оборудването. Установено е и



съответствие между изпълняваните дейности и изискванията на разработените от лицензианта вътрешни документи (програми, инструкции и други).

Предмет на инспекционна дейност са и показателите за оценка ефективността на процеса на управление на стареенето. Констатирано е, че системата от показатели работи ефективно и дава възможност за коригираща обратна връзка и оценка на състоянието на важните области от дейността на централата. Изпълнението на поставените цели се осъществява в съответствие с ясно определени критерии. В изпълнение на условията на лицензиите за експлоатация на блоковете, в АЯР периодично се представя информация, в която са включени и показателите, имащи отношение към управлението на стареенето.

Чрез отдела за оперативен контрол на площадката на АЕЦ „Козлодуй”, АЯР осъществява контрол на експлоатацията на блоковете, включващ и периодичните изпитвания на КСК, плановите годишни ремонти и отстраняването на дефектите и отказите в КСК, важни за безопасността.

Извършването на промени, водещи до изменения на КСК, важни за безопасността, се регламентира и контролира чрез издаването на разрешения за изпълнение на модификации. В Наредбата са определени документите, които трябва да бъдат представени за преглед и оценка. Представените документи, във връзка с издаването на разрешението, се преглеждат и оценяват от АЯР, с отчитане и на изискванията, свързани с управление на стареенето.

В заключение АЯР счита, че ПРОГРАМАТА е разработена в съответствие с нормативните изисквания и с приложимите стандарти по безопасност на МААЕ. Извършените проверки и анализи потвърждават нейната ефективност.

### **3. ЕЛЕКТРИЧЕСКИ КАБЕЛИ**

#### **3.1. Описание на програмите за управление на стареенето на електрически кабели**

##### **3.1.1. Обхват на управлението на стареенето на електрически кабели**

Управлението на стареенето на кабелите представлява съвкупност от дейности, като идентифициране на ефектите на стареене и механизмите за деградация, прилагането на оперативни мероприятия, процедури, методики и др., с отчитане на съвременните постижения на науката и техниката. Дейностите са насочени към основните ресурсни характеристики на кабелите, с определен срок на експлоатация, начални и пределни стойности на показателите на състоянието, и устойчивост към външни въздействащи фактори при проектни аварии. Интензивността на стареене на кабелите и срокът на тяхната експлоатация се определят от конструктивното изпълнение на кабела, типа на изолационния

материал, видовете стабилизатори (антиоксиданти, пластификатори и др.), времето на въздействие, количество и интензитет на деградационните фактори.

Процесът на управление на стареенето на кабелите се извършва чрез:

- определяне на доминиращи механизми на стареене и ефектите на стареене на основание на резултатите от научно-изследователска дейност;
- определяне устойчивостта на кабелите към външни въздействащи фактори при проектни аварии и тежки условия на експлоатация, на основание на резултатите от типови сертифицирани изпитания;
- изпълнение на мерки по намаляване на интензитета на външни въздействащи фактори;
- извършване на диагностика (контрол) на техническото състояние и периодична преоценка на срока на експлоатация на представителни образци на кабелите;
- извършване на диагностика (контрол) чрез обследване на кабелни присъединения в клемореди, токопроводи, болтови и шинни повърхности за всички клемореди на шкафове, панели от СКУ и ЕО, автоматични и пакетни изключватели и съединители, муфи на хранващи кабели, контактни кабелни повърхности, болтовите съединения и шинните повърхности на токопроводи;
- превантивна подмяна на кабели при замяна на съответните КСК и съвременна замяна на кабелите, които са достигнали пределно състояние.

За целите на управлението стареенето на електрическите кабели е разработена и въведена в действие “Програма за управление на ресурса на кабели и кабелно стопанство на 5-ти и 6-ти блок на АЕЦ “Козлодуй”. В обхвата на Програмата влизат кабели и кабелно стопанство на 5 и 6 блок, включително херметични кабелни проходки.

На първо място, това са кабели и херметични кабелни проходки от технологичните системи, необходими за осигуряване на изпълнението на основните функции на безопасност, като:

- безопасно спиране на реактора и поддържането му в безопасно състояние по време и след авария;
- отвеждане на остатъчното топлоотделяне от активната зона след спиране на реактора по време на и след авария;
- понижаване на изхвърлянето на радиоактивни материали и гаранция, че всяко изхвърляне ще бъде в допустимите граници по време и след авария.

Поддържа се актуален списък на основните и спомагателните системи, осигуряващи изпълнение на горепосочените функции. В списъка са включени и:

- кабели, хранващи квалифицирано оборудване в хермозоната;
- кабели от системите за защита, сигнализация, управление;

- кабели захранващи квалифицирано оборудване извън херметизацията.

На второ място са кабелите от технологични системи, важни за производството на електроенергия. Това са кабели средно напрежение 6 kV, в състава на дълги кабелни линии, трудно достъпни и чиято подмяна е свързана с извършване на голям обем дейности, със значителна материална стойност.

В АЕЦ “Козлодуй” се експлоатират групи кабели, силови кабели 6 kV;

- силови кабели до 1 kV;
- контролни кабели за управление, защита, сигнализация, технологичен контрол, използвани за целите на КИПиА.

Критериите за групиране на кабелите са: напрежение и квалификация по околна среда.

Основно влияние върху работоспособното състояние на кабелите и херметичните кабелни проходки, по време на срока на експлоатация, оказват условията на околната среда: температура, влажност, мощност на дозата лъчение, възможно въздействие на деградационните фактори при проектни аварии. Изброените условия на околната среда, според влиянието си върху протичането и интензивността на процесите на стареене на кабелното стопанство, може да се разделят на неблагоприятни и благоприятни:

- неблагоприятни условия за експлоатация – преди всичко това са места, в които е възможно изменение на температурата, налягането и нивото на йонизиращите лъчения, поява на паро-газова високотемпературна смес – помещения, в които е възможно възникване на авария със загуба на топлоносител от първи контур (LOCA) и скъсване на високо енергийни тръбопроводи (HELW). Освен това, по правило, в блоковете има локални места за експлоатация, в които нивото на факторите за деградация е по-високо от средното за блока – т.нар. „горещи точки” на експлоатация. Най-често това са места с повишена температура, чийто източник е работещото оборудване. Независимо от това, че „горещите точки” не са много на брой, техният принос за стареенето на компонентите може да бъде определящ;
- благоприятни (нормални) условия на експлоатация (MILD, NUC), които се характеризират с околна температура в диапазона от 15°C до 50°C, нормално налягане, ниско ниво на йонизиращи лъчения. Такива условия са налице в повечето помещения извън херметичния обем.

Кабелите в неблагоприятни условия са предмет на квалификационната програма, определена в инструкция за управление на квалификацията на оборудването на 5 и 6 блок.

Дейностите по управление на ресурсните характеристики на кабелното стопанство на 5 и 6 блок се изпълняват съгласно разработени програми, процедури, инструкции по

техническо обслужване и ремонт, инструкции за изпитания и т.н. В тази документация са описани конкретните методологии за ремонт, диагностика, изпитване, също и критерии за приемливост.

### **3.1.2. Оценка на стареенето на електрически кабели**

На блокове 5 и 6 на АЕЦ “Козлодуй” в експлоатация се намират контролни и силови кабели, с изолация и обвивки от полиетилен (PE), омрежен полиетилен (XLPE), поливинилхлорид (PVC), етиленвинилацетат (EVA), етиленпропиленова гума (EPR), силиконов безхалогенен компаунд (SiHF). Кабели с изолационни полимерни материали от EPR, EVA, SiHF навлязоха в употреба през последните години на блокове 5 и 6, при изпълнената модернизация на системи и оборудване. Полимери тип SiHF се прилагат също така в изолацията на херметични кабелни проходки.

Физическото стареене на електрическите кабели е свързано, преди всичко, с изменение на свойствата на изолационните полимерни материали, от които те са изработени. Тези изменения са причина за влошаване на експлоатационните характеристики или понижаване на надеждността на функциониране на кабелните линии.

Скоростта на изменение на физичните свойства на конструктивните материали се определя от интензивността и типа на деградационните фактори, въздействащи при експлоатация, като повишена температура; повишена или понижена влажност; радиационно излъчване; вибрации; химическо въздействие на различни вещества и др.

Класификацията на потенциалните механизми на стареене на кабелните изолационни материали, с оглед на типовете кабели в блокове 5 и 6 и наличието на външни въздействащи фактори при експлоатация, е следната:

- за кабелите с полиетиленово изолационно покритие се наблюдава предимно термоокислителна деструкция, която води до намаляване на плътността, образуване на пукнатини и окрежкостяване;
- за кабелите с изолационно покритие от омрежен полиетилен (XLPE), етиленвинилацетат (EVA), етиленпропиленова гума (EPR), силиконов безхалогенен компаунд (SiHF) се наблюдава терморadiационна окислителна деструкция и деструкция под въздействието на електрическото поле (за силови кабели), водещи до намаляване на плътността, образуване на пукнатини, окрежкостяване и развитие на дендрити при силовите кабели;
- за кабелите с изолационно покритие от поливинилхлорид (PVC) се наблюдава десорбция на пластификатори и деструкция на молекулни вериги, което води до загуба на маса, увеличаване на плътността, образуване на пукнатини и окрежкостяване.

Кабелите, които са квалифицирани за работа в неблагоприятни условия на LOCA и HELB, са преквалифицирани посредством прилагането на Методика за извършване на лабораторно обследване на кабели .

Методиката има за цел систематизиране на методическите, техническите и организационните мероприятия и процедури, чрез прилагането на които да се извърши квалификация на кабели, с цел потвърждение на възможността кабелите да изпълняват възложените им функции, както при нормална експлоатация, така и в условията на проектна авария за определен срок на експлоатация.

В съответствие със заложените цели при квалификацията на кабелите, Методиката определя:

- квалификационните изисквания към кабелите;
- последователността на извършване на квалификационните изпитания на кабелите;
- изискванията към измерването на образци на кабели с лабораторни методи при извършване на квалификационни изпитания;
- критерии за оценка на резултатите от лабораторното обследване на кабели при извършване на квалификационни изпитания;
- оценка на сроковете на експлоатация (квалификация) на кабелите;
- изисквания към документацията и обезпечаване на качество при изпълнение на работите.

При разработката на Методиката са отчетени изискванията на следните документи:

- IAEA Nuclear Energy Series No.NP-T-3.6 Assessing and Managing Cable Ageing in Nuclear Power Plants, Vienna 2012;
- IEC 60780:1998 "Nuclear power plants. Electrical equipment of the safety system. Qualification";
- СТП 0.03.050-2009 "Квалификация оборудвания и технических устройств АЭС. Общие требования";
- СТП 0.03.083-2009 "Квалификация оборудвания на условия окружающей среды. Общие требования";
- СТП 0.03.079-2009 "Система обеспечения качества и контроля при квалификации оборудвания. Общие требования".

В АЕЦ "Козлодуй" при управление на стареенето на кабелите от технологични системи, важни за производството на електроенергия, основно се използват безразрушителни методи на диагностика на изолацията на кабелите, като се измерват електрическите параметри, които пряко или косвено характеризират техническото състояние на изолацията. С цел систематизиране начините и последователността за изследване на състоянието на

силови кабели за номинално напрежение 6 kV и оценка степента на стареене на изолацията и опасността от наличието на дефекти, е разработена “Методика за изследване на състоянието на силови кабели за номинално напрежение 6 kV”. В методиката са включени следните измервания:

#### ***Измерване на съпротивление на изолацията.***

Измерването на съпротивлението на изолацията ( $R_{из}$ ) се явява чувствителен и не скъп метод за контрол на еднородност на изолацията. При измерване на  $R_{из}$  е необходимо да се отчитат явленията на поляризация и абсорбция. Поради тази причина, за критерий на оценка на състоянието на изолацията се явява не само абсолютното значение на  $R_{из}$ , но и коефициентът на абсорбция и индексът на поляризация.

При определяне на коефициента на абсорбция  $K_a = R_{60c}/R_{15c}$  се използват стойности на съпротивлението на изолацията, измерени през 15 секунди за  $R_{15c}$  и 60 секунди за  $R_{60c}$ . При определяне на индекса на поляризация  $PI = R_{10мин}/R_{1мин}$  се използват стойности на съпротивлението на изолацията, измерено през 1 минута  $R_{1мин}$  и 10 минути  $R_{10мин}$ .

За оценката на състоянието на кабелите с полиетиленова изолация се използва стойността на коефициентът на абсорбция „ $K_a$ “ и индекс на поляризация „ $PI$ “. За нормални стойности се считат  $K_a > 1.6$  и  $PI > 4.0$ .

„Инструкция за изпитване на силови и контролни кабели“ е разработена съгласно общите изисквания и критерии при определяне на електрическото съпротивление на изолацията на кабелните продукти, регламентирани в цитираните по-долу документи:

- стандарт БДС 1986-1982 – Кабели, проводници и шнурове. Метод за измерване електрическо съпротивление на изолацията;
- Норми за изпитване на електрически машини и съоръжения”, София, 1995 г.

#### ***Измерване капацитета (C) на изолация и тангенса на ъгъла на диелектричните загуби ( $tg\delta$ )***

Измерването се извършва при различна честота. При тези изпитания се оценява нарастване  $tg\delta$  при увеличаване на приложеното напрежение. По тази характеристика се съди за наличие на газовите включвания в изолация на кабела. Измерване на капацитета C и тангенса на диелектричните загуби  $tg\delta$ , аналогично на  $R_{из}$ , се сравнява за всяка фаза.

#### ***Измерване на характеристики на частичните разряди (PD)***

Един от прогресивните методи на диагностика, при който се измерват:

- разпределение на частични разряди по дължина на кабела;
- количество на частични разряди в местата на дефекти;
- напрежение на възникване и напрежение на угасване на частичните разряди.

На основание на резултатите от измерените характеристики PD се определя разстоянието до мястото на дефекта. Този метод дава добри резултати за кабели с изолация от полиетилен.

Критерии за оценка на резултатите при измерване на частични разряди се определят съгласно:

- стандарт БДС EN 60270-2003 – Методи за изпитване с високо напрежение. Измерване на частични разряди;
- стандарт IEEE 400.2-2013 – IEEE Guide for Field Testing of Shielded Power Cable Systems Using Very Low Frequency (VLF) (less than 1 Hz);
- стандарт IEEE 400.3-2006 – IEEE Guide for Partial Discharge Testing of Shielded Power Cable Systems in a Field Environment.

Идентифицирани са и механизми на стареене на кабелните аксесоари, кабелните пътища и кабелните проходки. Кабелносещите конструкции, включващи кабелни трасета от скари, стълби, предпазни тръби, кабелни щуцери, подлежат на стареене чрез обща корозия, загуба на физически свойства, втвърдяване, напукване поради претоварване, окисление на болтови съединения и влошаване на заземителния си контур. Кабелните проходки са с референтни механизми на стареене, включващи намаляване на съпротивлението на изолацията, загуба на херметичност. Кабелните присъединения като кабелни муфи, кабелни конектори, болтови съединения, пакетни изключватели, съединители и клемореди подлежат на термично и радиационно стареене, намаляване на изолационно съпротивление, окисление на контактните съединения, всички ефективно водещи до евентуални електрически повреди, намаляване на точността на измерванията, деградация на функциите на безопасност и намаляване на надеждността.

Информация за програмите за научно-изследователска и развойна дейност и експлоатационния опит се съдържа в т. 3.2.

### **3.1.3. Мониторинг, изпитване, пробоотбор и инспекция на електрическите кабели**

Проследяването и определянето на тренда на стареенето на кабели, подлежащи на квалификация, се извършва чрез изпитания и оценка на тестовите резултати на кабелните образци, с цел да се определи остатъчният им ресурс. Изпитанията се извършват в специализирани лаборатории, които разполагат с LOCA-камера за имитиране на аварийни и следаварийни условия на околната среда. Преди това кабелните образци се подлагат на топлинно и радиационно влияние, като по този начин се отчита конкретният квалификационен срок.

Съгласно Методика за извършване на лабораторно обследване на кабели, са предвидени първоначални изпитания, като:

- извършване на външен оглед и фотографиране на образци на кабели в изходно състояние;
- проверка на целостта на токопроводящите жила и екрани;
- измерване на съпротивлението на изолацията;
- извършване на механически изпитания на образците
- извършване на изпитания с повишено напрежение.

Прилагат се ускорено термично и радиационно стареене в термокамери и облъчване с изотопа Кобалт 60. Промеждутъчните функционални изпитания включват извършване на външен оглед и фотографиране на образци на кабели след стареенето; проверка на целостта на токопроводящите жила и екрани; измерване на съпротивлението на изолацията и извършване на изпитания в моделирани аварийни и следаварийни условия (LOCA-тест, HELB) в LOCA камери. Финалните изпитания обхващат извършване на външен оглед и фотографиране на образци на кабели след LOCA-теста, проверка целостта на тоководещите жила, измерване на съпротивлението на изолацията, извършване на изпитания с повишено напрежение и измерване на предела на устойчивост при разкъсване и относително удължаване.

Силовите кабели, експлоатирани в благоприятни (нормални) условия на експлоатация (MILD, NУЕ) 6 kV и 0,4 kV в АЕЦ “Козлодуй”, са подложени на периодичен мониторинг, който се изпълнява по време на планов годишен ремонт на блока, съгласно графика за превантивно техническо обслужване и ремонт.

Основен метод, осигуряващ превантивни действия по мониторинг на кабелни присъединения в клемореди, токопроводи, болтови и шинни повърхности, е контролът с термовизионна инфрачервена камера. Извършва се по годишен график, съгласно утвърдена процедура, както и преди спиране и след пускане на енергоблок след планов годишен ремонт или коригиращо действие по време на експлоатация за всички клемореди на шкафове, панели на системите за контрол и управление и електрооборудване, автоматични и пакетни изключватели и разединители, кабелни глави на захранващи кабели, контактни кабелни повърхности, болтовите съединения и шинните повърхности на токопроводи.

Кабелните линии, положени в тунели, канали и колектори в сградите на централата, които не са подложени на корозия, механични повреди (закрити трасета), нямат съединителни муфи и монтирани на открито крайни муфи с остаряла конструкция, се изпитват не по-рядко от 1 път на 3 години. Изпитването на кабелите, захранващи агрегати, се извършва по време на основен ремонт на агрегатите.

Измерванията и контролът на техническото състояние на кабелите се извършва съгласно Инструкцията за изпитване на силови и контролни кабели в следния обем:

- Измерване коефициента на абсорбция ( $K_{абс.} = R_{60сек}/R_{15сек}$ ).



- Измерване на индекса на поляризация ( $PI = R_{10\text{мин}}/R_{1\text{мин}}$ ).
- Измерване на тока на утечката.
- Измерване на капацитета на кабела.

В Инструкцията за изпитване на силови и контролни кабели са определени и критериите за приемливост на резултатите от измерванията.

Проверка на херметичността и техническото състояние на електрически проходки “ЕЛОКС”, експлоатирани при над атмосферно налягане с азот, се извършват от персонала по съответните процедури и в съответния обем и периодичност, както следва:

- При планов ремонт на блока се прави външен оглед за състоянието на антикорозионното покритие, лаковото покритие в зоната на заваръчните шевове, наличие на защитен кожух от двете страни на проходката и наличие на заглушки на резервните места, изолацията в местата на комутиране на кабелното жило с проходката и визуален контрол на индикатора на налягането на кабелната проходка;
- измерване на изолационно съпротивление на кабелните линии заедно с проходката спрямо корпус, като критерий за приемливост е  $\geq 0,5 \text{ M}\Omega$  за херметични кабелни проходки тип ВТ и  $\geq 5 \text{ M}\Omega$  за херметични кабелни проходки тип МТ;
- при работа на мощност на блока, веднъж месечно се проверява херметичността на електрически проходки “ЕЛОКС” от показанието на индикаторът, монтиран на всяка херметична кабелна проходка (отчитайки температурните изменения в помещението), както и по време на планов годишен ремонт и преди въвеждане в експлоатация, с критерии за приемливост, определени в методика.

#### **3.1.4. Превантивни и коригиращи действия за електрически кабели**

В “АЕЦ Козлодуй” ЕАД е въведена система за превантивни и коригиращи действия, чиято основна цел е ефективно поддържане работоспособността на КСК. Във връзка с това са разработени и въведени в действие дългосрочни графици за техническо обслужване и ремонт на КСК, съобразени с изискванията на производителите. Като част от тази система е и поддържането работоспособността на кабелите и херметичните кабелни проходки. Превантивни и коригиращи действия при кабелите и херметичните кабелни проходки се прилагат и при нарушаване условията на околна среда и нарушени проектни характеристики на кабелите и херметичните кабелни проходки, установени при периодични изпитания и обходи.

Поддържането на техническото състояние на кабелното стопанство се извършва в съответствие със следните действащи програми:

#### 3.1.4.1. Програма за надзор на оборудването

Целите, заложиени в програмата за надзор, са:

- проверка, че условията, при които в проекта е обоснована безопасността на централата, се запазват по време на експлоатация;
- нивото на безопасност съответства на изискванията и осигурява достатъчен запас при очакваните по време на експлоатация събития, грешки на персонала и откази на оборудване;
- поддържане и подобряване на готовността на оборудването, потвърждаване на съответните предели и условия на експлоатация;
- откриване и отстраняване на всяко нарушаване на нормалната експлоатация преди възникване на съществени последствия за безопасността.

В съответствие с изискванията на програмата, методите за надзор на оборудването, които се прилагат, са:

##### ***Контрол***

Контролът дава непосредствена информация за състоянието на блоковете. Извършва се от експлоатационния персонал чрез записи на параметрите, обходи и записи от тях, пробоотбиране, проверка на състоянието на съоръжения в резерв (контрол на изолация, външен оглед, контрол състоянието на арматура по чек-лист и др.). Установените дефекти или отклонения от нормалните параметри се регистрират в база данни, като след това се предприемат необходимите действия от персонала, отговорен за констатираното с дефект оборудване.

##### ***Периодични функционални изпитания***

Целта на периодичните функционални изпитания е да се провери работоспособността на системи, които са в режим "готовност" (системите за безопасност и отделни системи за нормална експлоатация, изпълняващи функции на безопасност). Основни инструкции, съгласно които се проверяват параметрите и работоспособността на системите за безопасност, са инструкции за регламентни изпитания на системите за безопасност на 5 и 6 енергоблок. Друг основен документ, който има пряко отношение към надзора, е Инструкция за регламентиране на вида, реда и условията за извършване на изпитания на системите и оборудването на блокове 5 и 6 при спиране за планов годишен ремонт, по време на планов годишен ремонт и при пуск след планов годишен ремонт.

##### ***Метрологична проверка на работоспособността на контролно-измервателните прибори. Калибровка на датчици и прибори***

Метрологичният контрол на средствата за измерване и измервателните системи се осъществява съгласно организацията и редът, регламентирани в Инструкция за метрологичен контрол на средствата за измерване в "АЕЦ Козлодуй" ЕАД.

### ***Изпитания след техническо обслужване или ремонт***

След извършване на планово-годишен ремонт се извършват предварително планирани комплексни функционални изпитания на отделно оборудване и системи, като се оформя съответната документация (актове за функционални изпитания и актове за готовност на системите). Извършва се проверка на целият измервателен канал, включително кабелите. Целта е, преди въвеждането в експлоатация, да се потвърди, че целите на ремонта са постигнати и изискванията към елемента (системата) са удовлетворени.

### ***Програми за надзор след реализация на модификации, важни за безопасността***

След реализацията на изменения в проекта се разработват конкретни програми за функционални изпитания. Програмите имат две цели – да се провери съответствието на реализираната модификация с изискванията на проекта и да се определи, на базата на натрупан опит, оптималния обем и периодичност на надзора.

#### **3.1.4.2. Техническо обслужване и ремонт**

Техническото обслужване и ремонт включват в себе си комплекс от операции по възстановяване на работоспособността, състоянието на изправност, ресурса на оборудването или части от него и се провеждат:

- по установен график;
- при проявено влошаване на техническото състояние;
- превантивно обследване на кабелни присъединения в клемореди, токопроводи, болтови и шинни повърхности;
- при откази и нарушения.

Превантивният ремонт предполага извеждане на оборудването от работа, независимо от неговото състояние, с периодичност, определена в експлоатационно-техническата документация, като в зависимост от категорията на ремонта се определя обемът работи, свързани с демонтаж, контрол и дефектовка на оборудването. Превантивният ремонт е регламентиран в Инструкцията за превантивно техническо обслужване и ремонт на конструкции и компоненти от технологични системи.

Коригирацият ремонт се провежда при влошаване на техническото състояние или при откази на оборудването. Коригирацият ремонт се провежда съгласно Инструкцията за изпълнение на коригиращ (авариен) ремонт.

#### **3.1.4.3. Анализ на отказите**

Анализът на отказите помага при определяне на тенденции на влошаване на състоянието на оборудването и потенциални механизми на отказите. Анализ на отказите се извършва съгласно Методика за анализ на отказите на оборудването. Чрез резултатите от анализа се оценява необходимостта от преразглеждане на предишни заключения за

квалификацията или изисквания, свързани с монтажа, техническото обслужване и подмяната на оборудване. Резултатите от анализа на тенденциите се използват за препоръки, както следва:

- за подмяна на оборудване от даден тип или негов компонент;
- за изменение на параметрите на околната среда в помещенията или експлоатационните условия;
- за коригиране на експлоатационните и ремонтните инструкции;
- за изменение на конфигурацията на системите.

#### 3.1.4.4. Контрол на условията на околната среда в помещенията

В АЕЦ “Козлодуй” посредством датчиците на информационните системи се извършва мониторинг на параметрите на околната среда в помещенията. Данните, получени при измерване на температурата, налягането, влажността и радиацията, се използват за определяне на т.нар. “горещи точки”. След анализ на резултатите от измерванията се разработват мероприятия за подобряване на условията на околната среда (подобряване на вентилацията, обезпечаване на допълнителна топлоизолация).

Контролът на състоянието определя наличието на непредвидени експлоатационни натоварвания, водещи до проявяването на преждевременно стареене на оборудването, което може да доведе до съкращаване на срока на експлоатация.

Контролът на състоянието се отнася към мероприятията, изпълнени за оценка на функционалната работоспособност, експлоатационната готовност и ресурса на оборудването и способства за:

- оценка на ефектите на стареене и остатъчния ресурс на оборудването;
- идентификация на механизмите на стареенето, които би могло да са неадекватно разгледани при първичната квалификация;
- идентификация на зараждащи се дефекти.

В Инструкция за изпълнение на прогнозиращо техническо обслужване и ремонт са описани дейностите, организацията и отговорностите по подготовката и изпълнението на прогнозиращо техническо обслужване и ремонт на КСК, с цел предотвратяване възникването на дефекти и/или откази и намаляване броя на коригиращите ремонти.

## **3.2. Опит на лицензианта в прилагането на програмата за електрически кабели**

Управление на стареенето на кабелното стопанство се извършва през целия период на експлоатация на централата. През изминалите години, със собствени сили и чрез външни

услуги са изпълнени дейности, свързани с управление и осигуряване на остатъчния ресурс на кабелите и херметичните кабелни проходки, а именно:

- проследяване и определяне на тренда на стареенето на кабелите, подлежащи на квалификация (изпитания и оценка на тестовите резултати на кабелните образци);
- своевременно провеждане на техническо обслужване и ремонт;
- периодичен контрол на техническото състояние на кабелите (диагностика) и удължаване (преквалификация) на срока на тяхната експлоатация;
- замяна (при неудовлетворителни показатели или модернизация).

В периода 1992–1995 г., при експлоатацията на 5 и 6 блок са констатирани дефекти (пробив в изолацията) по кабелните линии 6 и 0.4 kV, обезпечаващи електрозахранването на оборудване в хермозоната и по кабелните линии 6 kV между 5 и 6 блок и общостанционен комплекс. Поради изключителната важност за нормалната експлоатация и безопасността на блоковете е взето решение и са подменени кабели 6 kV в хермозоната, захранващи електродвигателите на главни циркулационни помпи, а за останалите кабели 6 и 0.4 kV, захранващи оборудване от системите за безопасност и системите важни за безопасността, е предвидено изследване на състоянието на изолацията им.

През 1996 г., по програмата за модернизация на блокове 5 и 6 е стартирана мярка ”Въвеждане на методи и средства за определяне на остатъчния ресурс на кабелите”. За изпълнението на мярката е привлечен Научно-изследователски сектор при Техническият университет гр. София, със задача ”Определяне на състоянието на изолацията на силови и контролни кабели ниско напрежение на пети блок на АЕЦ ”Козлодуй”. В съответствие със БДС 2581-86 ”Кабели силови за неподвижно полагане с изолация от полиетилен и химически омрежен полиетилен” е разработена програма и са направени изпитания на кабели от хермозоната (силови контролни кабели ниско напрежение) в лабораторни условия. Вследствие на изследването са направени следните констатации и препоръки:

- в по-голямата част от изследваните кабелни линии е констатирано влошено състояние на изолацията в херметичните проходки. Да се планира подмяната на проходките, като приоритетно да бъдат заменени херметични проходки 6 kV, обезпечаващи електрозахранване на главни циркулационни помпи;
- при някои кабелни линии са констатирани случаи на влошена изолация, локализирана в кабелните глави при захранващите секции 6 и 0.4 kV и в кабелните глави при електродвигателите. Препоръчано е в бъдеще да се планира поетапната подмяна на кабелните глави, като се използва съвременна технология и нов тип изолационни материали;

- с цел определяне с по-голяма точност на остатъчния ресурс на кабелите, да се планират периодично (през 3÷5 години) идентични изпитания на изпитаните кабелни линии за да се отчете как влияят върху стареенето на изолацията следните фактори: токово натоварване, повишена температура, влага и радиация.

В съответствие с направените препоръки са реализирани следните дейности:

- извършена е поетапната подмяна на силови и контролни херметични проходки 6 и 0.4 kV. Подмяната стартира през 1999 г. с проходки 6 kV за главни циркулационни помпи. Цялостната подмяна на херметичните кабелни проходки е завършена през 2006 г. В настоящия момент, в АЕЦ “Козлодуй” се използват херметични кабелни проходки тип “ЕЛОКС”, които са квалифицирани, в съответствие със стандартите IEEE 317-83 и отговарят на техническите условия “Проходки герметичные типа “ЭЛОКС” для АЭС”, ТУ 5057;
- извършена е поетапната подмяна на кабелните глави и кабелни линии на важно за безопасността оборудване. Подмяната е изпълнена в периода 2000÷2005 г.;
- въведено е периодично изследване на състоянието на изолацията на кабелните линии 6 и 0.4 kV за определяне на остатъчния им ресурс.

През 1999 г. и 2005 г. са планирани и изпълнени следните изследвания:

- “Обследване на състоянието на изолацията на кабелни електропроводни линии и асинхронни електродвигатели 6 kV – 5 и 6 енергоблокове”;
- “Определяне на остатъчния ресурс на силови и контролни кабели на 5 и 6 блок.”

В резултат на проведените изследвания са направени следните изводи:

- не се наблюдава изменение на характеристиките на електрическата изолация на кабелните линии за периода 1997÷2005 г.;
- всички изпитвани кабелни електропроводни линии за 6 kV имат нормално състояние на електрическата изолация, както и на монтираните кабелни глави и съединителни муфи.

Резултатите от изпитанията показват, че след подмяната на херметичните кабелни проходки, цялостното състояние на изолацията на кабелните електропроводни линии 6 и 0.4 kV е добро и остатъчният им ресурс е достатъчен за да осигури нормалната експлоатация на 5 и 6 блок.

На основание Методика за изследване на състоянието на силови кабели за номинално напрежение 6 kV, през 2009 г. е извършено изследване на състоянието на силовите кабели 6 kV. Целта на обследването е да се обобщят данните от проведените

измервания на електрическото съпротивление на изолацията, частичните разряди и изпитания с повишено постоянно напрежение на силови кабели 6 kV между 5, 6 блок и общостанционен комплекс, като се установи състоянието на изолацията на кабелни електропроводни линии 6 kV.

Резултатите от обследването са представени в отчет със следното заключение: “Класът на техническо състояние съответства на силови кабели с нормална експлоатационна среда. Не се наблюдава стареене на кабелната изолация на кабели 6 kV”.

С цел проследяване и идентифициране на тенденциите за изменения на състояние на изолацията, през 2015÷2016 г. е извършено повторно обследване на кабели 6 и 0,4 kV.

Основната цел на изследване на състоянието на кабелно стопанство на 5 и 6 енергоблокове и общостанционни обекти е измерване на комплекс от параметри, които обуславят състоянието на кабелната изолация в дадения момент от време. Този набор от параметри включва измерване на: стойността на изолационното съпротивление на кабелните линии; коефициента на абсорбция и индекса на поляризация, измерване тангенс делта  $\text{tg}\delta$  и частични разряди, с цел определянето на проблемни участъци и локални натрупвания на частични разряди в кабелната изолация. Съвкупностите от тези измерени параметри дават информация за наличието на влага и участъци с начална форма на структурни изменения в кабелната изолация и натрупване на частични разряди по дължина на кабела или в локални точки, като кабелни муфи и крайни присъединителни елементи – кабелни глави.

През 2008-2010 г. е извършена преквалификация на електрическо, електронно оборудване, включително на кабели и херметични кабелни проходки за проектния срок на експлоатация, с оглед на непроектни въздействия – LOCA или HELB.

Във връзка с изпълнение на проекта за продължаване срока на експлоатация на 5 и 6 блок е извършено комплексно обследване на фактическото състояние и оценка на остатъчния ресурс на оборудването и съоръженията на блоковете. В списъка на КСК, подлежащи на обследване, е включена и оценка на остатъчния ресурс на кабелното стопанство в състава на електрооборудването и оборудването на системите за контрол и управление на системите за безопасност и системите, важни за безопасността.

На I-ви етап от комплексното обследване е потвърдена възможността за понататъшна експлоатация на кабелите, експлоатирани в условия на околна среда “MILD”, при действащата в АЕЦ „Козлодуй” система за техническо обслужване и ремонт.

След завършване на обследването на кабелното стопанство в помещенията, в които е възможно възникването на проектни аварии тип LOCA и HELB, е препоръчано извършване на допълнително обследване и преквалифициране на кабелите за дадените условия, отчитайки продължаване срока на експлоатация. През периода 2015-2016 г., са преквалифицирани кабелите, експлоатирани при тежки условия LOCA и HELB.

Съгласно препоръка от комплексното обследване, е извършена и преквалификация на силови кабели 6 kV от системите за безопасност, според резултатите от измерванията на коефициента на абсорбция и индекса на поляризация.

Дейностите по управление на стареенето на кабелите и херметичните кабелни проходки са разписани в Дългосрочен график за периодичен мониторинг на кабели 6 и 0.4 kV. Целта е проследяване на тенденциите в стареенето на кабелната изолация и набелязване на съответните коригиращи мерки. Непрекъснатото развитие и усъвършенстване на системата за управление на стареенето на кабелите и херметичните кабелни проходки е задължителен фактор, който осигурява безопасната работа на централата и е осъзнат от персонала на “АЕЦ Козлодуй” ЕАД.

### **3.3. Оценка и заключения на регулатора относно управлението на стареенето на електрически кабели**

Демонстрираният подход на лицензианта по отношение управлението на стареенето на кабелното стопанство, е обоснован, като е насочен и спомага за постигането на добри резултати в процеса на поддържане и повишаване нивото на безопасност в АЕЦ „Козлодуй“.

Съществен принос към повишаване на нивото на безопасността дава прилагането на последните достижения в науката и техниката, сътрудничеството с водещи научни организации (Акционерное общество “Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций” – Москва, Технически университет – София, Инженерно-технически център “Квалификация и оценка ресурса на оборудване” – Харков), както и собствените усилия.

Разработените документи (инструкции, програми, процедури и т.н.) се актуализират своевременно и адекватно и отразяват изискванията на националната нормативна база, приложимите стандарти и тези на МААЕ, свързани с процеса на управление на стареенето на компонентите от кабелното стопанство. Разработени са програми за изпитания, провеждат се изследвания и изпитания за потвърждаване на квалификационния статус на електрическото оборудване и кабелите. Към мероприятията за осигуряване на необходимия проектен ресурс и квалификационен статус на кабелите са разработвани необходимите методологии и анализи. Преди изтичане на квалификационните срокове на кабелите, се предприемат превантивни и коригиращи мероприятия, включващи преквалификация или подмяна на необходимите компоненти. В процеса на изпълнение на Проекта за продължаване срока на експлоатация на блок 5 на АЕЦ “Козлодуй“ е извършено обследване на остатъчния ресурс на кабелното стопанство. В местата, в които е възможно да се влошат работните условия по време на авария, са извършени и дейности по квалификация на кабелите. В резултат на тези обследване и квалификация са предвидени за изпълнение или са изпълнени дейности по



подмяната на кабелите, които не са удовлетворили изискванията за допълнителния срок на експлоатация и/или условията на работната среда в помещенията, където са разположени.

Извършваните от АЯР инспекции са част от дейностите, които обхващат цялостния контрол по отношение на процесите на стареене на кабелното стопанство на ядрените съоръжения. В рамките на инспекциите за определяне на готовността на блоковете за пуск след планов годишен ремонт се проверява планирането, организацията и отчитането на извършените ремонтни дейности, спазването на изискванията на необходимата документация, извършва се преглед на състоянието и готовността на технологичните системи, включително на прилежащите им кабели и кабелни проходки. Проверява се изпълнението на планираните за изпълнение по време на планов годишен ремонт мерки по проекта за продължаване срока на експлоатация, свързани с кабелно стопанство. Като пример могат да бъдат посочени следните дейности:

- квалифициране на кабели 6 kV от системите за безопасността за допълнителен срок на експлоатация, според резултатите от измерванията на коефициента на абсорбция и индекса на поляризация. (по време на планов годишен ремонт 2017 г. на 6 блок са измерени 7 броя кабели). Разработен дългосрочен график, със срок на действие 10 години;
- укрепване на кабелни канали между реакторно отделение и дизел-генераторни станции, посредством модернизиране на проходки и направа на нови дилатационни фуги;
- подмяна на стендове, импулсни линии на датчици КИП, съединителни кутии, кабели и кабелни трасета на оборудване, монтирано в зоната на действие на условия на околна среда HELB;
- подмяна на кабели за температурен контрол на циркуляционните кръгове на реактора и компенсатора на налягането, участващи в измервателни канали на управляващите и защитните системи на безопасност от съединителни кутии до херметични проходки.

Подмяната на кабелите и свързаното с тях оборудване, също и кабелните проходки, ако са в системи, важни за безопасността, са предмет на разрешителен режим. Агенцията за ядрено регулиране извършва преглед и оценка на представените със заявлението документи и издава разрешения за извършване на промените.

Управлението на стареенето на кабели и кабелно стопанство в АЕЦ „Козлодуй“ се извършва в съответствие с разработената документация и с прилагането на добри практики от лицензианта, като това гарантира постигането и поддържането на безопасността на АЕЦ „Козлодуй“ на необходимото ниво.

## **4. СКРИТИ ТРЪБОПРОВОДИ**

### **4.1. Описание на програмите за управление на стареенето на скрити тръбопроводи**

#### **4.1.1. Обхват на управлението на стареенето на скрити тръбопроводи**

За осъществяване на процеса на управление на стареенето на скрити тръбопроводи е разработена Програма за управление на ресурса на вкопани тръбопроводи от система техническа вода. В обхвата на Програмата за управление на ресурса са включени подземните магистрални тръбопроводи, осигуряващи техническо водоснабдяване за охлаждане на конструкции, системи и компоненти, важни за безопасността.

Програмата за управление на ресурса на подземните магистрални тръбопроводи се основава на познаване и разбиране на основните механизми на деградация на материалите, вследствие на факторите на стареене. Разбирането за стареенето на подземните магистрални тръбопроводи се опира на базовата документация, експлоатационната и ремонтна история и на международния опит в областта.

В обхвата на Програмата за управление на ресурса на вкопани тръбопроводи от система техническа вода са включени:

- основните механизми на стареене на вкопаните тръбопроводи;
- интегриране на дейностите, свързани с ресурса на подземните магистрални тръбопроводи;
- проектните основи, включващи приложими кодове, стандарти и наложени изисквания от регулаторния орган;
- данни за модернизация на конструкцията на подземните магистрални тръбопроводи;
- данни за нарушени условия на нормална експлоатация на подземните магистрални тръбопроводи;
- данни за термомеханични натоварвания на елементите на подземните магистрални тръбопроводи;
- данни за параметрите на средата на експлоатация (параметри на водохимичния режим, данни за контрол на корозионното състояние и др.);
- експлоатационната и ремонтна история, включващи надзор и резултати от експлоатационен контрол на метала;
- сведения за изпълнения на мероприятия за повишаване на надеждността на експлоатация на подземните магистрални тръбопроводи;

- световният опит в изследване на състоянието на метала от подземните магистрални тръбопроводи.

Вкопаните (подземните) магистрални тръбопроводи от система техническа вода се отнасят към системите важни за безопасността. Те са част от системата за техническа вода, предназначена за охлаждане на отговорните потребители във всички експлоатационни режими и аварийни условия. Тръбопроводите са разделени на три, независими една от друга, системи, които работят по затворен контур, с охлаждане на водата в Бризгалните басейни. Разположени са от Реакторно отделение до Бризгални басейни, от Бризгалните басейни до аванкамерите в Дизел-генераторни станции и от Дизел-генераторните станции до Реакторно отделение. Схема на тръбопроводите, с указаната им номерация, е показана на Фигура 1.

Системата на тръбопроводи от система техническа вода се състои от гравитачни, напорни и рециркулационни клонове.

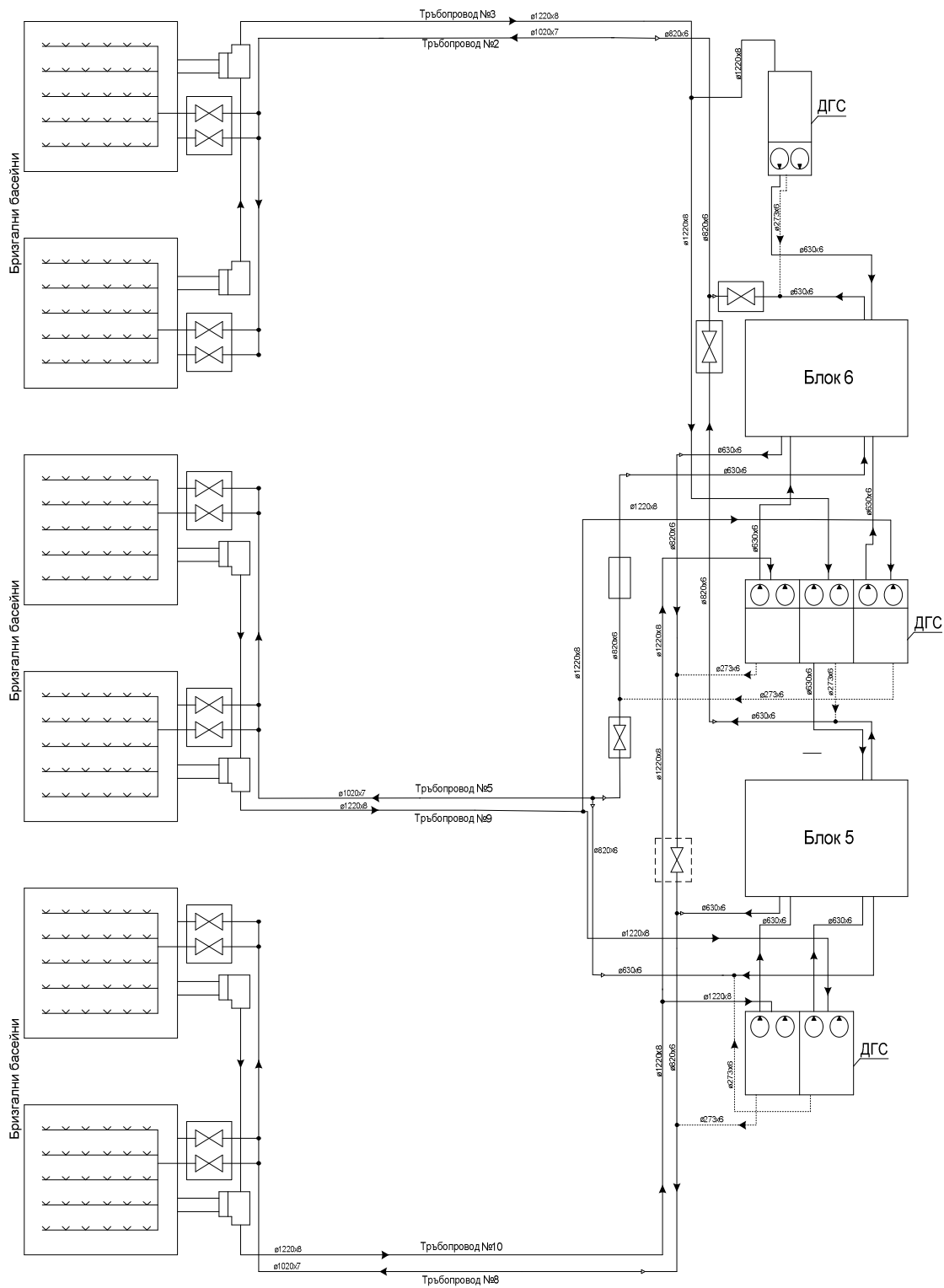
Гравитачните тръбопроводи подават вода от Бризгални басейни към аванкамерите на помпите, разположени в Дизел-генераторните станции, и имат постоянен диаметър Ду 1200 по цялата дължина.

Напорните тръбопроводи подават вода от Реакторно отделение към Бризгални басейни, имат различни диаметри – в първите части (клонове) номиналният/външен диаметър е Ду 600, в средните клонове диаметърът е Ду 800, а в крайните участъци условният диаметър е Ду 1000.

Рециркулационните тръбопроводи на помпи за техническа вода (разположени в Дизел-генераторните станции) имат постоянен диаметър Ду 250 по цялата дължина.

Напорните и гравитачните тръбопроводи са изградени от спирално заварени тръби от нисколегирана стомана 10Г2САФ по БДС 4880-79 “Стомана нисколегирана конструкционна”, а рециркулационните – от тръбни блокове от въглеродна конструкционна стомана ст20 по ГОСТ 1050-74 “Сталь углеродистая качественная конструкционная. Технические условия”. Геометричните размери на основните елементи (условен диаметър, дебелина на стената) са: Ø273x8, Ø630x6, Ø820x6, Ø1020x7, Ø1220x8. Общата дължина на тръбопроводите е около 5726 метра. Фасонните детайли са от въглеродна стомана ВСт3сп4 по БДС 2592-71 “Стомана въглеродна конструкционна обикновено качество”. Общото количество на фасонните детайли (колена, тройници, преходници, др.) е около 150 броя.

Тръбопроводите имат усилено външно антикорозионно покритие, представляващо свръх-усилена трислойна лента “СИЛ-Б”, съгласно ОН 0265129-79, и са положени в траншеи, с легло от уплътнен пясък, над което траншеята е запълнена с обратен насип от изкопания от площадката материал. Някои от участъците на тръбопроводите се намират под бетонова настилка или минават през бетонови шахти и проходки.



**Фигура 1. Схема на тръбопроводи от система техническа вода на 5 и 6 блок на АЕЦ “Козлодуй”.**

Работно налягане: max 0.46 MPa в напорните тръбопроводи, max 0.2 MPa в гравитачните тръбопроводи, max 0.6 MPa в рециркулационните тръбопроводи.

Работна температура на водата: 12÷45°C в напорните тръбопроводи, 5÷33°C в гравитачните тръбопроводи, 35°C в рециркулационните тръбопроводи.

Разчетен разход на охлаждаща вода: 3000 m<sup>3</sup>/h;

Работна среда: техническа вода (рН 25°C – 7.8÷9.0 ed).

Тръбопроводите основно съдържат участъци, заровени в почвата, както и проходни части, обвити в бетон и участъци в закрити канали и шахти, с ограничен достъп.

#### 4.1.1.2. Методи и критерии за избор на скрити тръбопроводи в рамките на управлението на стареенето

Изборът на критични компоненти на подземните магистрални тръбопроводи е дефиниран в Програма за управление на ресурса на вкопани тръбопроводи от система техническа вода на 5-ти и 6-ти блок на “АЕЦ Козлодуй”, която е адресирана към управление на стареенето и е базирана на резултатите от изпълнението на програмите за експлоатация, ремонт, надзор, водохимични режими и безразрушителен контрол на метала, включително:

- изисквания за мониторинг на състоянието;
- обхват и честота на проверките;
- установяване на дефектни участъци чрез методите на безразрушителния контрол;
- поддържане на водохимичен режим в установените експлоатационни предели;
- поддържане на експлоатационните режими в установените експлоатационни предели;
- изисквания за мониторинг на течове;
- установяване на компоненти от системата, със степен на деградация, изискваща ремонт или подмяна и анализа им, като се отчитат набор от критерии за приемане.

Критичните участъци на тръбопроводите са определени въз основа на:

- Резултатите от анализа на входните данни;
- Наличие на участъци от тръбопроводите, където се очаква развитието на деградационни механизми на стареене, например:
  - участъци, където се променя посоката на флуида (колена, преходи, и др.);
  - участъци, където се променя диаметъра на тръбопровода;
  - участъци с тройници, врязвания;
  - участъци в местата на пресичане на заварени съединения;
  - претоварени участъци, свързани с недобро трасиране, където тръбопроводите се кръстосват с други подземни комуникации;
  - участъци със застойни зони и дренажи.
- Констатирани ефекти от деградация и появяване на механизми на стареене по време на експлоатация, ремонтирани участъци (участъците с нарушено изолационното покритие, местата с некачествена засипка на тръбопроводите).

#### 4.1.1.3. Процеси/процедури за идентифициране на механизми на стареене, свързани със скрити тръбопроводи

Дейностите по идентифициране на механизмите на стареене на метала на скрити тръбопроводи включват:

- Анализ на дефектите и отказите, констатирани по време на експлоатационния период;
- Безразрушителен контрол на тръбопроводите:
  - визуален контрол и ултразвукова дебелометрия на тръбопроводите в достъпните места (съществуващи шахти за арматури и наблюдение) без извършване на изкопни работи;
  - визуален контрол и ултразвукова дебелометрия на участъците на тръбопроводи с извършване на изкопни работи и снемане на външната антикорозионна защита, по време на ремонтните работи, след констатиране на теч;
  - визуален оглед на вътрешните повърхности на тръбопроводите с дистанционни средства през съществуващите ревизионни шахти (люкове).
  - визуален контрол и ултразвукова дебелометрия на участъците на тръбопроводи при монтиране на отсекателните арматури;
  - изпълнение на контролни изкопи и извършване на визуален контрол и ултразвукова дебелометрия за потвърждаване на резултатите от проведената магнитометрическа диагностика.
- Обследване на демонтирани участъци от тръбопроводите с регистрирани дефекти чрез разрушителни и безразрушителни методи за контрол;
- Анализ на корекционната обработка на циркуляционни охладителни системи с бризгални басейни, включващ измерване на скоростта на корозия.

#### 4.1.1.4. Критерии за групиране\* на участъците от тръбопроводите за целите на управлението на стареенето:

На базата на трасировката на тръбопроводите и очакваните механизми на деградация, тръбопроводите могат да бъдат разделени на следните участъци:

- вкопани тръбопроводи: тръбопроводите, които са в пряк контакт с почва или бетон (например, стенна проходка);
- подземни тръбопроводи: тръбопроводите са под нивото, но се намират в тунел или шахта и по този начин са в контакт с въздуха и се намират на места, където достъпът за инспекция е ограничен.

\* Критериите за групиране са избрани съгласно Таблица 5 от Приложение 3 и типова Програма за управление на стареенето 125 на “Ageing Management for Nuclear Power Plants: International Generic Ageing Lessons Learned (IGALL), Safety Reports Series No 82, IAEA” (по – нататък – IGALL).

#### **4.1.2. Оценка на стареенето на скрити тръбопроводи**

Програмата за управление на ресурса на подземните магистрални тръбопроводи е разработена в съответствие с методологията на МААЕ, с използване на следните ключови стандарти и указания:

- Ageing Management for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series, Safety Guide No NS-G-2.12, IAEA (2009);
- Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No 57, IAEA (2008);
- Implementation and review of a nuclear power plant ageing management programme, Safety Reports Series 15, IAEA (1999);
- Ageing Management for Nuclear Power Plants: International Generic Ageing Lessons Learned (IGALL), Safety Reports Series No 82, IAEA (2015);
- Ageing Management Program (AMP) 125 Buried and underground piping and tanks (Типова ПУС 125, Приложение към IGALL);
- Требования к управлению ресурсом оборудования и трубопроводов атомных станций. Основные положения. НП-096-15 (2015).

При разработване на програмата са използвани следните ключови проекти, производствени и оперативни документи:

- Проект “Продължаване срока на експлоатация на 5 и 6 блок на “АЕЦ Козлодуй” ЕАД”;
- Програма за обследване, оценка на техническото състояние и обосновка на остатъчния ресурс на подземните магистрални тръбопроводи между брызгалните басейни, реакторното отделение и дизел-генераторни станции на 5 и 6 блок на АЕЦ „Козлодуй”;
- Заключение за техническото състояние и количествената оценка на остатъчния ресурс на подземните магистрални тръбопроводи между брызгалните басейни, реакторното отделение и дизел-генераторни станции на 5 и 6 блок на АЕЦ „Козлодуй”;
- Анализ. Корекционна обработка на циркуляционни охладителни системи с брызгални басейни;

- Процедура. Ежемесечен мониторинг на сгради и съоръжения от система техническа вода – техническа вода отговорни потребители (строителна и хидротехническа част);
- Инструкция за експлоатационен контрол на тръбопроводи за техническа вода – отговорни потребители, група А, от система техническа вода на 5 и 6 блок;
- Обследване на вкопани напорни тръбопроводи за техническа вода на 5 и 6 блок на АЕЦ „Козлодуй” чрез магнитни методи;
- Работни програми за безразрушителен контрол на подземни магистрални тръбопроводи на 5 и 6 блок на АЕЦ „Козлодуй”;
- Инструкция по експлоатация на система за подаване и охлаждане на техническа вода за отговорни потребители;
- Инструкция по диагностике технического състояния трубопроводов бесконтактным магнитометрическим методом, 02-008-2002;
- Инструкция по експлоатация на система за корекционна обработка на техническа вода отговорни потребители в циркуляционни охладителни системи с бризгални басейни;
- Инструкция за контрол. Експлоатационен контрол на основен метал, наварени повърхности и заварени съединения на оборудването и тръбопроводите на блокове ВВЕР-1000 на “АЕЦ Козлодуй.

В т.т. 4.1.2.1 и 4.1.2.2 на настоящият Доклад е отразено, как са използвани посочените по-горе документи.

#### 4.1.2.1. Механизми на стареене, изискващи управление и идентифициране на тяхното значение

За оценка на стареенето на вкопаните/подземните тръбопроводи са избрани критични компоненти на вкопани/подземни тръбопроводи. Критичните компоненти са определени в резултат от анализа на данните от проведените ремонтни дейности по отстраняване на участъците с констатирани течове, от безразрушителен контрол на метала и от обследване на корозионното състояние на тръбопроводите.

Видовете потенциални механизми на стареене, които могат да се развият в основния метал и в заварените съединения на вкопани и подземни тръбопроводи, са представени в Таблица 2.



**Таблица 2. Идентифициране на механизми на стареене на скрити тръбопроводи**

<b>Избрана група на тръбопроводи</b>	<b>Механизъм на стареене</b>	<b>Описание</b>	<b>Ефекти на стареенето</b>
Вкопани, Подземни	Обща корозия	Известна още като еднородна корозия и се разпространява с приблизително еднаква скорост по металната повърхност.	Загуба на материала (изтъняване на стените)
Вкопани, Подземни	Точкова (локална) корозия	Локализирана корозия на метална повърхност, ограничена до точка (питинг) или малка площ с формата на кухина (язва).	Изменение на размерите (изтъняване на стените)
Вкопани	Корозионно напукване вследствие деформация	Корозия, при която наличието на локализирана динамична деформация е от съществено значение за формирането на пукнатини, но цикличното натоварване отсъства или е ограничено до много малко на брой редки събития.	Образуване на пукнатини
Вкопани, Подземни	Ерозионно-корозионно износване	Постепенно изнасяне на продуктите от корозия на метала вследствие на механично взаимодействие между повърхността и протичащ флуид с циркулиращата течност	Изменение на размерите (изтъняване на стените)

Всички дефекти, открити по време на експлоатация до 2016 г., се намират в основния метал (само един е в заварено съединение) на прави участъци от вкопаните тръбопроводи, като основната причина е наличието на строителни отпадъци при изпълнение на обратния насип, което е довело до нарушаване на външната антикорозионна защита. Не са констатирани дефекти в участъците с фасонни детайли, които потенциално се определят за критични участъци, поради възможност за ерозионно-корозионно износване на тръбопроводите. Не са открити пукнатини, свързани с корозия под напрежение.

Независимо от това, че съгласно проекта не е предвидена катодна защита, не са констатирани дефекти и в зоните на пресичане на тръбопроводите със съществуващи кабелни канали. Това означава, че вследствие на полагане на кабелите в кабелни канали, тяхното влияние на другите подземни комуникации е ограничено.

Съгласно направения анализ на развитието на потенциалните механизми на стареене на вкопаните и подземните тръбопроводи от система техническа вода, може да се направи заключение, че основните механизми на стареене са обща и точкова корозия.

#### 4.1.2.2. Установяване на критерии за приемливост, свързани с механизмите на стареене.

Основните критерии за приемане, свързани с механизмите на стареене на подземните тръбопроводи от система техническа вода, са:

***Състояние на изолацията и способността да изпълнява функциите си – цялостност, добро сцепление с метала на тръбопровода.***

Състоянието на изолацията се проверява чрез:

- периодични визуални огледи за течове по трасетата на вкопаните тръбопроводи и следене на състоянието на проходките и видимите части на тръбите в шахтите, разположени по трасето на тръбопроводите, както и отчетите на контролната апаратура, съгласно Инструкция по експлоатация на система за подаване и охлаждане на техническа вода за отговорни потребители;
- провеждане на безконтактна магнитометрическа диагностика на тръбопроводите без разкопаване, съгласно “Инструкция по диагностике технического состояния трубопроводов бесконтактным магнитометрическим методом”, 02-008-2002, разработена в съответствие с руските държавни стандарти, и “Методика оценки технического состояния действующих теплопроводов бесконтактным магнитометрическим методом. Регламент проведения технического освидетельствования водяных сетей, СО ОАО “МТК”, Москва, 2009”;
- визуални огледи при разкопаване на критичните участъци на тръбопроводи по резултатите от безконтактната магнитометрическа диагностика и техническо обслужване и ремонт.

***Скорост на корозия.***

Скоростта на корозия от вътрешната страна на тръбопроводите се следи и контролира посредством поддържането на подходящ водохимичен режим на водата, течаща в тях, и прилагане на програми за корекционна обработка, съгласно Инструкция по експлоатация на система за корекционна обработка на техническа вода отговорни потребители в циркуляционни охладителни системи с бризгални басейни.

Размерите на нецялостностите, регистрирани с методите на безразрушителния контрол се определят:

- за тръбопроводите, въведени в експлоатация до 1991 г. – за оценка на качеството на заварени съединения се прилагат изискванията на “ПК 1415-72 Правила за контрол на заварени съединения и наплавявания на възли и конструкции на атомни електроцентрали, опитни и изследователски ядрени реактори и инсталации”;
- за тръбопроводите, въведени в експлоатация след 1991 г. (участъци от тръбопроводите, които са били заменени или ремонтирани след 1991 г.) – за оценка на качеството на заварени съединения се прилагат изискванията на

“ПНАЭ Г 7-010-89 Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля”\*;

- оценка на качеството на основния метал се изпълнява съгласно нормите (стандартите), описани в Инструкция за експлоатационен контрол на основен метал, наварени повърхности и заварени съединения на оборудването и тръбопроводите на блокове ВВЕР-1000 на “АЕЦ Козлодуй”.

*\*ЗАБЕЛЕЖКА: След въвеждане в действие на новата редакция на “Инструкция за контрол. Експлоатационен контрол на основен метал, наварени повърхности и заварени съединения на оборудването и тръбопроводите на блокове ВВЕР-1000 на “АЕЦ Козлодуй”, оценка на качеството на основния метал и заварени съединения на тръбопровода ще се извършва съгласно нов нормативен документ “НП-089-15. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок, Ростехнадзор, Русия, 2015 г.”.*

#### **Оценка на изпълняване на стените на тръбопроводите.**

Извършване на ултразвукова дебелиметрия съгласно следните документи:

- Работна програма за ултразвукова дебелиметрия на подземните тръбопроводите от система техническа вода;
- Програма за обследване на демонтирани участъци от подземните тръбопроводите от система техническа вода;
- Актове от обследване на критичните участъци на подземните тръбопроводите от система техническа вода по резултатите от безконтактната магнитометрическа диагностика;
- Програма за обследване, оценка на техническото състояние и обосновка на остатъчния ресурс на подземните магистрални тръбопроводите между Бризгалните басейни, Реакторното отделение и дизел-генераторни станции по Проекта за продължаване на срока на експлоатация на 5 и 6 блок на АЕЦ “Козлодуй”, изпълнена в период 2014÷2016 г.;
- Инструкция за експлоатационен контрол на тръбопроводите за техническа вода – отговорни потребители, от система техническа вода.

Критериите за приемливост на дебелина на стената на тръбопроводите са съгласно нормите, посочени в т. 4.2 от “ПНАЭ Г 7-002-86 Правила и норми в атомной энергетике. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов АЭС, Москва, „Енергоатомиздат“, 1989”.

Проверовъчни разчети и количествена оценка на състоянието на подземните тръбопроводи от система техническа вода, извършени в рамките на проекта за продължаване срока на експлоатация на 5 и 6 блок на “АЕЦ Козлодуй” ЕАД, в периода 2014÷2016 г., са:

- анализи на статична и динамична якост и устойчивост, при сеизмично въздействие, с отчитане на реалните (измерени) характеристики на метала на тръбопроводите, а също и с прогнозираната дебелина, за края на срока на експлоатация;
- проверка за овализация и статична устойчивост на сечението;
- анализи на претоварени участъци по метода на крайните елементи.

В основната си част, проверовъчните разчети са извършени с програмният комплекс “CESEAR II”, който позволява най-точно да се моделират подземните тръбопроводи и да се реализира оценка, съгласно нормите “ASME BPVC SECTION – III, Division 1 Subsection ND, Class 3 Components, Rules for Construction of Nuclear Facility Components, 2007” за Ниво D.

След анализа на резултатите и оценката на тяхната надеждност и приложимост, съгласно Заключение за техническото състояние и количествената оценка на остатъчния ресурс на подземните магистрални тръбопроводи между бризгални басейни QF10,20,30W01,02, Реакторното отделение и дизел-генераторни станции на 5 и 6 блок на АЕЦ „Козлодуй”, е установено, че средното корозионно изтъняване на подземните тръбопроводи от система техническа вода, до настоящия момент (след повече от 30 години експлоатация), е 0,6 mm за всички тръбопроводи. Екстраполирано за края на удължения експлоатационен ресурс, корозионното изтъняване на всички тръбопроводи ще бъде 1,2 mm.

Подземните тръбопроводи от система техническа вода имат достатъчен капацитет и към края на удължения експлоатационен ресурс, минималната дебелина на стената ще превишава 4 mm, което удовлетворява нормите, посочени в т. 4.2 от “ПНАЭ Г-7-002-86 Правила и норми в атомной энергетике. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов АЭС”.

Проведените нелинейни анализи по метода на крайните елементи на претоварените участъци показват, че при всички изследвани елементи концентрациите на напреженията са в много ограничени зони и бързо затихват. Развиващите се нелинейни деформации са ограничени и локализирани, основно в областите на заваръчните шевове. Развиващите се деформации са от порядъка до 1%. Тази стойност може да се оцени като приемлива, тъй като фасонните части (които са претоварени и развиват нелинейни деформации) са изпълнени от стомана ВСтЗсп, която има ясно изразена площадка на провлачане преди да започне вторичното уякчаване и чак след това евентуално да се достигне до скъсване.

### **4.1.3. Мониторинг, изпитване, пробоотбор и инспекция на скрити тръбопроводи**

Мониторингът на състоянието на вкопаните/подземните тръбопроводи включва изпълнение на следните дейности:

- Периодични визуални огледи за течове по трасетата на вкопаните тръбопроводи, съгласно Инструкцията по експлоатация на система за подаване и охлаждане на техническа вода за отговорни потребители.
- Следене на състоянието на проходките и видимите части на тръбите в шахтите и манлосите, разположени по трасето на тръбопроводите, както и отчетите на контролната апаратура, съгласно Инструкцията по експлоатация на система за подаване и охлаждане на техническа вода за отговорни потребители.
- Следене на вертикални деформационни слягания на бетоновите опори на тръбопроводи Ду 1000 от брызгални басейни към водовземни шахти и дизел-генераторни станции, чрез монтираните репери, съгласно Процедура за ежемесечен мониторинг на сгради и съоръжения от система техническа вода отговорни потребители (строителна и хидротехническа част).
- Следене за поява на пукнатини в стените при преминаването през тях на тръбопроводи Ду 600 и Ду 400 от апаратно отделение към брызгални басейни и тръбопроводи Ду 1000 от брызгални басейни към водовземни шахти и дизел-генераторни станции, съгласно Процедурата ежемесечен мониторинг на сгради и съоръжения от система техническа вода отговорни потребители (строителна и хидротехническа част).
- Измерване на скоростта на корозия, по програми за корекционна обработка, съгласно инструкцията по експлоатация на система за корекционна обработка на техническа вода отговорни потребители в циркуляционни охладителни системи с брызгални басейни.

В периода 1992÷1999 г. е прилагана корекционна обработка на циркуляционни охладителни системи по програма на фирма “Nalko”. Съгласно тази програма, скоростта на корозия е замервана веднъж седмично, с преносим прибор.

От 2000 г. се прилага непрекъснато (on-line) измерване на скоростта на корозия чрез прибор “SCA-1 Corratер”, по програма на фирма “GE Betz” – до 2007 г., а след това – на фирма “GE Water & Process Technologies”. Приборът е монтиран на напорните тръбопроводи, на всяка от трите системи. Приборът подава сигнал на всеки 10 минути към автоматизирана компютърна система, разположена във фургоните над водовземните шахти и на трите системи. Стендът е настроен да измерва скоростта на корозия на въглеродната стомана.

За потвърждаване резултатите от непрекъснатия контрол на скоростта на корозия, ежегодно, за период от 3 месеца, в специален стенд се залагат “корозионни купони”, които се изпращат за анализ на корозионното състояние в лаборатория в Белгия.

#### 4.1.3.1. Безконтактна магнитометрическа диагностика

При анализа на причините за образуване на корозия по външната повърхност на вкопаните тръбопроводи е констатирано, че проблемните места са участъците с некачествено извършена обратна засипка. Наличието на попаднали при обратната засипка строителни материали водят до нарушаване на целостта на изолацията и засилена корозия на тези места.

След проучване на методи, които могат да бъдат приложени за откриване на места с нарушена изолация, без разкопаване на тръбопроводите, е взето решение да се извърши безконтактна магнитометрическа диагностика, която се основава на измерване на изкривяването на магнитното поле на земята, причинено от изменението на магнитната проницаемост на метала на тръбата в зоните с концентрация на напрежения (корозия, нарушение на изолацията на тръбопровода, сигналите, които се дължат от влияние на електрически кабели или металните предмети, попаднали по време на полагане на тръбопроводите и др.).

Обследванията са извършени от нает сертифициран персонал в съответствие с “Инструкция по диагностике технического состояния трубопроводов бесконтактным магнитометрическим методом” РД 102-008-2002, разработена в съответствие с руските държавни стандарти и “Методика оценки технического состояния действующих теплопроводов бесконтактным магнитометрическим методом. Регламент проведения технического освидетельствования водяных сетей. СО ОАО “МТК”, Москва, 2009”.

Съгласно резултатите от обследването през 2014 г., са регистрирани 6 участъка с аномалии, с повишена концентрация на напрежение, които, след решението на специализиран технически съвет, са разкопани и изпитани с безразрушителни методи.

Съгласно резултатите от обследването през 2017 г., не са регистрирани аномалии от най-тежката (първа) категория (с максимална концентрация на напрежение и критическо разпределение на магнитните полета). Препоръчано е да се извърши разкопаване и обследване (безразрушителен контрол) на участъците с аномалии от категория 2, с тенденция на достигане на категория 1, с обща дължина 127,2 m, която е 2,37% от цялата обследвана дължина.

Аномалиите, свързани със сигналите, които се дължат от влияние на електрически кабели, са описани в отчетната документация. Тези участъци на вкопаните тръбопроводи ще се следят, т.к. при нарушаване на външната изолация могат да повлияят на интензитета на развитие на корозия.

#### 4.1.3.2. Безразрушителен контрол на метала

Безразрушителният контрол на подземните тръбопроводи от система техническа вода се извършва в достъпните места (шахтите и ревизионните люкове), след разкопаване на участъци при откриване на течовете по трасето и при регистриране на отклонения при провеждане на безконтактна магнитометрическа диагностика. Прилагат се следните методи: визуален контрол, капиларен контрол (по резултатите от визуалния контрол) и ултразвукова дебелометрия, и при техническа възможност – визуален оглед с дистанционни средства на вътрешната повърхност на тръбопроводите.

Методите, периодичността и обемът на безразрушителния контрол, нормативните документи за изпълнение на контрола и за оценка на резултатите от контрола на вкопаните тръбопроводи са регламентирани в Инструкцията за експлоатационен контрол на подземните тръбопроводи от система.

#### 4.1.3.3. Специализирано обследване на подменен участък

В изпълнение на проекта по продължаване срока на експлоатация, на тръбопроводите от система техническа вода е изпълнена Програма за обследване на компрометиран (подменен) участък от вкопан тръбопровод Ду 1000.

Извършени са следните дейности по безразрушителен и разрушителен контрол на демонтирания участък от напорен тръбопровод Ду 1000, с регистрираните, недопустими несъвършенства:

- ултразвукова дебелометрия по външната повърхност на зачистените петна на дефектния участък, без отстраняване на налепа по вътрешната страна на тръбопровода;
- ултразвукова дебелометрия по вътрешната повърхност на зачистените петна, след отстраняване на налепа, на участъка срещу почистените от външната страна участъци;
- по вътрешната повърхност на зачистените петна на участъка срещу дефектните участъци;
- контрол на твърдост на сегмент 50x50 mm, изрязан от дефектния участък, и на основен метал на самия участък на тръбопровода;
- спектрален метод за контрол (определяне химичния състав);
- металографски анализ на структурата на метала;
- контрол на механичните свойства на метала: статичен опън, огъване и ударна жилавост;
- ултразвукова дебелометрия и измерване на дебелина с инкрементален измерителен уред на детайл, с размери 50x50 mm, след шлифоване;

- ултразвукова дебелометрия на дефектния участък по външната повърхност след песъкоструене на детайла.

Съгласно резултатите от специализираното обследване на демонтирания участък с размери  $\varnothing 1020 \times 7 \text{ mm}$ , са направени следните заключения:

- заварени съединения – липсват деформации.
- резултатите от ултразвуковата дебелометрия на тръбопровода са:
  - дебелината на тръбопровода е с голям запас, т.е. достатъчно надвишава минимално изчислената стойност с технологичните прибавки (съгласно ПНАЭ Г-7-002-86);
  - образувалият се налеп по вътрешната страна на тръбопровода не оказва съществено влияние на резултатите:
    - корозията по резултатите от металографски анализи е незначителна;
    - пукнатини – не са регистрирани.
    - химическият анализ на стоманата на дефектния участък показва, че тя отговаря на характеристиките на стомана 10Г2САФ по БДС 4880-79, както е по проект.
    - механичните изпитвания са в допустими граници за спиралошевна тръба  $\varnothing 1020 \times 7 \text{ mm}$  по БДС 14479-78.
    - анализът на наличието на корозия по външната страна на тръбопроводите показва, че такава се развива изключително в участъци, където антикорозионното покритие е било нарушено по време на полагането или засипването на тръбите. Визуалният контрол показва, че в участъците, където изолацията е ненарушена, тя има добра адхезия с основния метал и изпълнява успешно своите защитни функции. Огледите показват, че по отношение на развитието на външна корозия, тръбопроводите са в работоспособно състояние и могат да останат такива и за времето на удължения срок на експлоатация на системата.
    - при огледите на вътрешната повърхност на тръбопровода се наблюдава наличие на отложения, които се дължат на липсата на корекционна обработка с химични реагенти на циркулиращата охлаждаща вода в бризгални басейни в първите години на експлоатация, както и на наличие на механичните замърсявания, съгласно данните, представени в “Анализ относно корекционна обработка на циркуляционни охладителни системи с бризгални басейни”. Проведеният анализ на отложенията, показва, че първият, най-външен слой, са отложения,



които се свалят лесно. Под тях се наблюдава втори слой отложения, които се свалят сравнително трудно. Третият слой отложения, който е най-близо до основния метал се сваля много трудно и под тях основният метал е без значими корозионни увреждания. Химичният анализ на отложенията показва, че в първите два слоя преобладават варовиков тип отложения, а в третия, най-близо до основния метал, преобладават металните оксиди, които се явяват защита на основния метал.

#### **4.1.4. Превантивни и коригиращи действия за скрити тръбопроводи**

За гарантиране ресурса на тръбопроводите по време на удължения срок на експлоатация са предвидени следните превантивни и коригиращи действия:

- преработка на две проходки, съгласно Заключение за техническото състояние и количествената оценка на остатъчния ресурс на подземните магистрални тръбопроводи между бризгални басейни, реакторното отделение и дизел-генераторни станции по проекта за продължаване срока на експлоатация;
- провеждане, без прекъсване, на корекционна обработка на техническа вода отговорни потребители в циркулационни охладителни системи с бризгални басейни;
- подобряване на системата за мониторинг и документиране на състоянието на вкопаните/подземните тръбопроводи;
- изграждане на наблюдателни кладенци и пиезометри;
- разкопаване и обследване (безразрушителен контрол) на участъците с аномалии от категория 2, с тенденция на достигане на категория 1 (най-тежката категория с максимална концентрация на напрежение и критическо разпределение на магнитните полета), съгласно препоръките от извършената през 2017 г. безконтактна магнитометрическа диагностика.
- извършване на периодични обходи на участъците на вкопаните тръбопроводи с регистрирани от безконтактната магнитометрическа диагностика аномалии от по-ниска категория (2) и аномалиите, свързани със сигналите, които се дължат от влияние на електрически кабели.

#### **4.2. Опит на лицензианта в прилагането на Програмата за управление на стареенето за скрити тръбопроводи**

Опитът на АЕЦ “Козлодуй” при прилагането на Програмата за управление на стареенето на вкопаните/подземните тръбопроводи показва, че:

- не са констатирани други механизми на стареене на основен метал и заварени съединения на компонентите на вкопани/подземни тръбопроводи, освен определените в Таблица 2, т. 4.1.2, на настоящия доклад. Съгласно резултатите от обследванията на тръбопроводите от система техническа вода, чрез безразрушителни и разрушителни методи, основният деградационен механизъм се дължи на обща и точкова (язвена и питинг) корозия на метала;
- корозията по външната повърхност на тръбопроводите се развива в участъците, където антикорозионното покритие е било нарушено по време на полагането или засипването на тръбите. В участъците, където изолацията не е нарушена, тя има добра адхезия с основния метал и изпълнява успешно своите защитни функции;
- при обследването на вътрешната страна на участъците на вкопаните тръбопроводи се наблюдава равномерно разпределение на отложения, които съгласно химическият анализ са три-слойни (в първите два слоя преобладават варовиков тип отложения, а в третия, най-близо до основния метал, преобладават металните оксиди) и не оказват съществено влияние на корозионните процеси;
- прилагането на безконтактна магнитометрическа диагностика на тръбопроводите дава допълнителна информация за състоянието на вкопаните тръбопроводи без разкопаване. Достоверността на метода ще се определи след разкопаване и обследване на участъците с регистрирани аномалии, от проведената през 2017 г. безконтактна магнитометрическа диагностика.

### **4.3. Оценка и заключения на регулатора относно управлението на стареенето на скрити тръбопроводи**

Разработената Програма за управление на ресурса на вкопани тръбопроводи от система техническа вода на 5-ти и 6-ти блок на “АЕЦ Козлодуй” е адресирана към управление на стареенето и отчита резултатите от изпълнение на програмите за експлоатация, ремонт, водохимични режими, мониторинг и безразрушителен контрол на метала.

Дейностите по експлоатационния контрол на вкопаните/подземните тръбопроводи се провеждат в съответствие с работните програми, включващи визуален контрол, телевизионен оглед, ултразвуков контрол и ултразвукова дебелометрия на подземните тръбопроводи в достъпните места/в шахтите и обследване на участъците на тръбопроводи след разкопаване. Измерването на дебелините на тези участъци дава обща информация за състоянието на метала на цялата тръбопроводна система техническа вода.

Разработена е Инструкцията за експлоатационен контрол на тръбопроводи от система техническа вода на 5 и 6 блок. Инструкцията регламентира методите, периодичността и обема на безразрушителен контрол, нормативните документи за изпълнение на контрола и за оценка на резултатите от контрола на вкопаните тръбопроводи.

Деятелностите по мониторинга на нивото на корозия на подземните тръбопроводи се осъществяват чрез изпълнение на програмите за корекционна обработка.

Извършват се периодичните визуални огледи и следене по трасета на тръбопроводите съгласно Процедура за ежемесечен мониторинг на сгради и съоръжения от система техническа вода отговорни потребители (строителна и хидротехническа част) и Инструкцията по експлоатация на система за подаване и охлаждане на техническа вода за отговорни потребители.

АЕЦ “Козлодуй” прилага, освен конвенционалните методи за безразрушителен контрол (визуален контрол, телевизионен оглед и ултразвукова дебелометрия), и нов метод за безконтактна магнитометрическа диагностика, който дава допълнителна информация относно състоянието на вкопаните тръбопроводи от система техническа вода.

Прилаганите до сега методи за обследване и безразрушителен контрол потвърждават наличие на доминантните механизми на стареене, описани в Програмата за управление на ресурса на вкопаните/подземните тръбопроводи от система техническа вода.

В рамките на проекта за продължаване срока на експлоатация на 5 и 6 блок на “АЕЦ Козлодуй” ЕАД са извършени проверовъчни разчети и количествена оценка на състоянието на тръбопроводи от система техническа вода, в които са използвани данните от специализирано обследване и безразрушителен контрол, с отчитане на механизмите на стареене на метала.

Резултатите от тези разчети и оценки показват, че тръбопроводите от система техническа вода могат да бъдат експлоатирани в рамките на лицензионния период, при изпълнение на предписаните коригиращи мерки, спазване на инструкциите за контрол и експлоатация.

Деятелностите за управление на стареенето на вкопаните тръбопроводи се контролират и в рамките на провежданите инспекции. Предметът на проверките включва състоянието, организацията и контрола на дейностите при експлоатацията и техническата поддръжка на системата за техническо водоснабдяване. Резултатите показват, че се извършва ефективен контрол на дейностите, свързани с управление на стареенето на тръбопроводите. Изпълняват се необходимите технически и организационни мерки за установяване и смекчаване на ефектите от стареенето, както и за преоценка на ресурсните характеристики на тръбопроводите.

В изпълнение на лицензионно условие, до един месец след пуск на блок след планов годишен ремонт и презареждане се представя отчет за резултатите от оценката на остатъчния ресурс на оборудването, включващ вкопаните тръбопроводи.

Изпълняваните дейности по управление на стареенето на вкопаните/подземните тръбопроводи от система техническа вода на 5-ти и 6-ти блок на АЕЦ “Козлодуй” съответстват на изискванията на Наредбата за осигуряване на безопасността на ядрени централи и на стандартите по безопасност на МААЕ и другите международно приети документи.

## **5. КОРПУСИ НА РЕАКТОРИ**

### **5.1. Описание на Програмата за управление на стареенето на корпусите на реакторите**

За осъществяване на процеса на управление на стареенето на корпусите на реакторите е разработена Програма за управление на ресурса на корпусите на реакторите. Програмата описва набора от дейности, които централата извършва, за да оцени, предотврати, установи, контролира и смекчи последиците от специфичния ефект на стареене върху конструкцията, компонент или група от компоненти на корпусите на реакторите.

Целите на Програмата са следните:

- да представи комплекса от организационни, технически и методически мероприятия, насочени към обезпечаване или преоценка на ресурсните характеристики на обекта, установени в нормативно-техническите изисквания или проектните документи;
- да осигури ясно разпределение на отговорностите на организационните подразделения за изпълнението на дейностите по осигуряване на ресурса на корпусите на реакторите;
- да представи сроковете и средствата по осигуряване на ресурса на корпусите на реакторите на 5-ти и 6-ти блок от “АЕЦ Козлодуй”;
- да осигурява поддържане и разработване на документация, управляваща проектния ресурс на корпусите на реакторите, както и удължаването му.

Програмата се основава на познаване и разбиране на процесите на деградация на механичните свойства на материалите, вследствие на факторите на стареене, присъщи за експлоатирана ядрена електрическа централа. Деградацията на механичните свойства води до намаляване на ресурса, който е един от показателите на надеждността на оборудването.

### **5.1.1. Обхват на управлението на стареенето на корпусите на реакторите**

В обхвата на програмата са корпуса на реактора и горния блок. Критични места, които подлежат на наблюдение, са: възел за уплътнение, външна и вътрешна повърхност на корпуса и капака на реактора, основният метал на компонентите, и заварените съединения.

Конструкцията на корпуса на реактора включва всички негови елементи: фланец, цилиндрични пръстени, елиптично дъно и щуцери.

Схема на корпуса на реактора и горния блок е представена в Приложение 1.

#### 5.1.1.1. Методи и критерии за избор на компоненти, влизащи в обхвата на Програмата за управление на ресурса на корпусите на реакторите.

Изискванията към процеса на подбор на компоненти, включени в обхвата на Програмата, са разработени на базата на препоръките на МААЕ към управлението на стареенето на АЕЦ, съгласно документите, описани в т. 2.3.1.2.

Приет е подход, базиран на безопасността, съгласно който обхватът се определя въз основа на това дали съответните компоненти имат отношение към осигуряване на безопасността на ядрените съоръжения. При подбора се отчита класификацията по безопасност.

Изборът на компоненти се основава на:

- данни за проектните основи, включващи приложими кодове, стандарти и наложени изисквания от АЯР;
- данни за експлоатационната и ремонтната история, включващи контрол и надзор;
- данни, придобити от инспекции;
- данни от световния опит в изследване на състоянието на метала на корпуса на реактора.

#### 5.1.1.2. Процеси и процедури за избор на механизми на стареене за различните материали и компоненти на корпуса на реактора

Процесите и процедурите за избор на механизми на стареене за различните материали и компоненти на корпуса на реактора са описани в т. 2.3.2.3 на настоящия Доклад.

Въз основа на резултатите от дейностите по анализ на техническата документация, конструктивните особености, технологията на изработване и условията на експлоатация, и на база анализа на резултатите от контрола на състоянието на метала се определят доминиращите механизми за деградация на метала на оборудването, определящи техническото му състояние и остатъчния ресурс.

Механизмите на деградация се установяват в процеса на експлоатация по резултатите от контрола на основния метал и заварените съединения чрез изследване на структурата и свойствата на материалите.

В Таблица 3 са показани основните възможни механизми на деградация на основния метал, заварените съединения и антикорозионната наплавка на корпуса на реактора, които могат да окажат влияние върху работоспособността му.

**Таблица 3. Потенциални механизми на деградация на корпуса на реактора**

Наименование на оборудването	Компонент на оборудването	Потенциален механизъм на деградация
Корпус на реактора	Заварени съединения, Основен метал	Радиационно окрежкостяване, Термично стареене, Умора
	Уплътнителна повърхност, Шпилъчни гнезда	Локална корозия Корозия под напрежение
	Антикорозионна наплавка	Междукристална корозия, Радиационно окрежкостяване, Умора

За идентифициране на механизмите на стареене на различните материали и компоненти на корпуса на реактора се използват следните параметри на техническото му състояние:

*Характеристиките на механичните свойства на основния метал, метала на заварените съединения и антикорозионната наплавка, в това число окрежкостяването, се определят чрез:*

- измерване на твърдост;
- изпитвания на образци-свидетели;
- сравняване с резултатите от проведения по-рано контрол на метала;
- анализ на данните от техническата документация с отчитане на нормативните стойности.

Критериите за оценка са в съответствие с изискванията на ПНАЭ Г-7-002-86 “Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок”, 1989 г.

Несъвършенствата (дефектите), тяхното разположение и геометричните им размери (дължина, дълбочина, разтваряне, ориентация в пространството) се определят:

- чрез анализ на данните от техническата документация;
- чрез методи на безразрушителен контрол на метала на корпуса на реактора.

Критерии за оценка:

- за оценка на качеството на заварени съединения и наплавка се прилагат изискванията на “Оборудване и тръбопроводи на атомни енергийни установки. Заварени съединения и наплавки. Правила за контрол, ПНАЕ Г-7-010-89”.
- оценка на качеството на основния метал се изпълнява съгласно нормите (стандартите), описани в инструкцията за контрол.

След ноември 2017 г., оценяването е съгласно “НП-089-15. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок, Ростехнадзор, Русия, 2015 г.”

***Следене стойностите на редуцираните напрежения в елементите на корпуса на реактора да са в рамките на проектните.***

Критериите за оценка непревишаване на съответните допустими стойности на напреженията са съгласно изискванията на ПНАЭ Г-7-002-86 “Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов АЭС., М.: „Енергоатомиздат“, 1989” и РД ЭО 1.1.2.05.0330-2012 “Руководство по расчету на прочность оборудования и трубопроводов реакторных установок РБМК, ВВЭР и ЭГП на стадии эксплуатации, включая эксплуатацию за пределами проектного срока службы. ОАО “Концерн Росэнергоатом” АД, 2012”;

***Броят на циклите на натоварване при нормална експлоатация, нарушение на нормална експлоатация, проектни аварии, фактически извършени за времето на експлоатация, както и прогнозният им брой за допълнителния срок на експлоатация се определят чрез:***

- анализ на данните от техническата документация;
- експертно-разчетна оценка на броя цикли на натоварване в периода на допълнителния срок на експлоатация.

Критерий за оценка – непревишаване на броя цикли на натоварване към момента на изтичане на допълнителния срок на експлоатация.

***Фактически натрупаното и прогнозното уморно повреждане за допълнителния срок на експлоатация са разчетни параметри.***

Критерии за оценка – непревишаване на допустимата стойност на натрупаното уморно повреждане към момента на изтичане на допълнителния срок на експлоатация.

***Геометричните размери на елементите на корпуса на реактора се определят с анализ на резултатите от контролни измервания.***

Критерии за оценка – съответствие с изискванията на проектната документация и паспортните данни.

### ***Критичната температура на крехкост на метала на корпуса на реактора.***

Критерий за оценка – непревишаване на максимално допустимата температура на крехкост на метала на корпуса на реактора (определя се чрез разчет на съпротивление срещу крехко разрушаване) към момента на изтичане на допълнителния срок на експлоатация.

В Таблица 4 са показани определящите параметри на състоянието на основния метал, заварените съединения и наплавките на елементите на корпуса на реактора.

**Таблица 4. Определящи параметри за състоянието на метала на елементите на корпуса на реактора**

<b>Контролиран ефект на деградация на метала</b>	<b>Определящ параметър на състоянието на метала</b>
Изменение на механичните свойства	временно съпротивление, граница на провлачване, относително удължение, относително стеснение
Окрехкостяване	критична температура на крехкост $T_K$ , критичен коефициент на интензивност на напреженията $K_{IC}$
Образуване на пукнатини	геометрични размери на пукнатините (дължина, дълбочина, разтваряне, ориентация в пространството)
Питинг (точкова корозия)	площ на повредата, количество дефекти на единица площ, дълбочина на дефектите
Промяна на структурата	разпределението на фази, видоизменение на фази, зараждане на микро-несъвършенства (микропукнатини, пори), състояние по границите на зърната

#### **5.1.2. Оценка на стареенето на корпуса на реактора**

5.1.2.1. Механизми на стареене, изискващи управление и идентифициране на тяхното значение.

Посочени са основните контролирани механизми на деградацията, подредени по степен на важност:

- умора;
- радиационно окрехкостяване;
- термично стареене;
- локална корозия;
- корозия под напрежение;
- междукристална корозия.

5.1.2.2. Установяване на критерии за приемливост, свързани с механизмите за стареене

Оценката на деградацията на критичните възли на корпуса на реактора се извършва чрез сравняване на проектните изисквания с информацията, получена от:

- Несъвършенствата и отказите, проявени по време на експлоатация;
- Отклоненията от режимите на работа на реакторната установка;



- Резултатите от приложените техники за безразрушителния контрол и експертния металоконтрол за корпуса на реактора;
- Изводите от съществуващите анализи и оценки.

Когато фактическите стойности на определящите параметри на състоянието на метала на корпуса на реактора съответстват на стойностите, дадени в конструкторската документация и действащите нормативни документи, и фактическите параметри на натоварването и броят им съответства на проектните (но не ги надвишават), се приема, че критериите са удовлетворени.

#### 5.1.2.3. Ключови стандарти и указания, използвани за подготовката на Програмата за корпусите на реакторите

Методологията за разработването на Програмата и нейната структура съответстват на изискванията на МААЕ.

Основните стандарти и ръководства, използвани при разработването на Програмата за управление на стареенето са дадени в т. 2.2.

При разработването на Програмата е използван и руски нормативен документ “Общие положения обеспечения безопасности атомных станций – ОПБ-88/97 (ПНАЭ Г-01-011-97, НП-001-97), Госатомнадзор, России 1997”.

В разработената Програма за управление на ресурса на корпусите на реакторите на 5-ти и 6-ти блок на “АЕЦ Козлодуй” са включени данни за проектните параметри; данни за експлоатационната и ремонтна история, включващи контрол и надзор; данни от инспекции; данни от световния експлоатационен опит в изследване на състоянието на метала на корпуса на реактора и заварените съединения на аналогични проекти.

Програмата е разработена по начин, осигуряващ пълно интегриране със съществуващите програми на АЕЦ. Същевременно, данните от нея се вземат предвид при разработването на нови експлоатационни процедури и програми за ремонти, модернизации, изпитвания. Програмата за корпусите на реакторите има връзка с редица документи на “АЕЦ Козлодуй” ЕАД, между които:

- Технологичен регламент за безопасна експлоатация на блок №5(6) на “АЕЦ Козлодуй” с реактор ВВЕР-1000 (В-320);
- Дългосрочен график за ремонт на основно и спомагателно оборудване от 5 и 6 ЕБ, и ОСО;
- Програма за управление на ресурса на блокове 5 и 6;
- Инструкции по експлоатация на реакторната установка;
- Инструкции за техническо обслужване и ремонт;
- Инструкции за контрол;

- Инструкция за регламентни изпитания на системите за безопасност на 5(6) енергоблок;
- Инструкция за извършване на периодични технически прегледи на съоръжения с повишена опасност, които имат значение за ядрената безопасност;
- Инструкция за изготвяне на отчети с неутронно-физични характеристики на реактор ВВЕР-1000.

#### 5.1.2.4. Съгласуване на Програмата за корпусите на реакторите с инструкциите по експлоатация

Управлението на стареенето на корпусите на реакторите включва спазване, през целия период на експлоатация, на всички ограничения като непревишаване на допустимите стойности на механични или физически натоварвания, и осигуряване на работоспособността им съгласно Технологичните регламенти на 5 и 6 блок. Регламентът включва проектните предели и условия за безопасна експлоатация, правилата и основните принципи за безопасна експлоатация и общия ред за изпълняване на операциите, свързани с безопасността.

Превишаването на допустимите експлоатационни параметри, като температура, налягане, скорост на изменение на работните параметри, водохимичен режим, биха могли да доведат до ускоряване на процеса на стареене и преждевременна деградация на механичните свойства.

Операторските практики влияят на експлоатационните параметри на реакторната инсталация и операторските действия имат съществена роля при изпълнение на програмата за намаляване на деградациите на метала на корпусите на реакторите, посредством управление в допустимите граници.

#### 5.1.2.5. Съгласуване на Програмата на корпусите на реакторите с програмите за техническо обслужване и ремонт

В “АЕЦ Козлодуй” ЕАД е изградена и утвърдена практика за провеждане на планови годишни ремонти на 5 и 6 енергоблокове. Ежегодно се подготвя и актуализира Дългосрочен график за ремонт на основно и спомагателно оборудване от 5 и 6 енергоблокове и общостанционни обекти. Дългосрочният график обхваща и съдържа разпределението (по години) на типовите превантивни дейности (видове ремонти и планирани модификации) по основното оборудване от 5, 6 енергоблокове, като т.1.1. се отнася за реакторите. Дългосрочният график дефинира приоритетите и координира превантивните ремонтни дейности. Този документ се поддържа в актуално състояние, като за обратна връзка се използват отчетни документи – актове за извършена работа, актове за монтаж, документи от единични и комплексни изпитания, безразрушителен контрол, актове за реализирани технически решения и други видове документи, действащи в “АЕЦ Козлодуй” ЕАД.

#### 5.1.2.6. Съгласуване на Програмата на корпусите на реакторите с инструкциите за експлоатационен контрол

Експлоатационен безразрушителен контрол на елементите на корпусите на реакторите в процеса на експлоатация на 5 и 6 блок се провежда планово, по време на плановите годишни ремонти, а резултатите от контрола служат за оценка на текущото състояние на основния метал и заварените съединения на корпусите на реакторите, като основна цел на безразрушителния контрол е откриване, фиксиране и следене на несъвършенствата в метала на корпусите на реакторите.

#### 5.1.2.7. Ключови проекти, използвани за подготовката на Програмата за корпусите на реакторите

АЕЦ „Козлодуй“ участва в следните международни проекти, имащи в връзка с управление на стареенето на корпусите на реактори:

- Съвместно с руски инженерингови компании, са изпълнени дейности по усъвършенстване на експерименталната и нормативно-методическа обосновка за осигуряване удължаване срока на експлоатация на корпусите на реактори ВВЕР-1000;
- Проект на МААЕ – изготвяне на нормативни (технически) документи за управление на стареенето на оборудването в АЕЦ (IGALL International Guide Ageing Learned Lessons).

Целта на проекта IGALL е да подпомогне ръководствата на атомните електроцентрали и регулиращите органи за поддържане изискваното ниво на безопасност по време на експлоатация на АЕЦ, като се имат предвид механизмите на деградация на оборудването; както и да се изготви ново ръководство за критериите и практиките на отделните държави, приложими при продължаване срока на експлоатация на блоковете.

#### 5.1.2.8. Програми за научноизследователска и развойна дейност

Целта на програмата за изследване на образци-свидетели е потвърждение на консерватизма на зависимостта на изменение на свойствата на материалите на корпуса на реактора под въздействието на експлоатационните фактори и документиране на резултатите от контрола, Тази програма позволява получаването на експериментална информация за радиационното и термично окрежкостяване на материалите и се явява основа за уточнение на нормативните зависимости, предназначени за оценка на радиационното и термичното повреждане на материалите на корпуса на реактора. Изследването и изпитването на образците-свидетели се изпълнява от Българската академия на науките (БАН). Освен това, БАН оказва научно-техническо съдействие и при изготвяне програмата за управление на стареенето на корпусите на 5 и 6 блок на АЕЦ „Козлодуй“.

#### 5.1.2.9. Вътрешен и външен експлоатационен опит

Информацията от други АЕЦ с реактори ВВЕР-1000 включва анализ и прилагане, по целесъобразност, на резултатите от външен и вътрешен експлоатационен опит за управление на стареене на елементите на корпуса на реактора.

Дейностите и отговорностите по преглед и оценка на вътрешен и външен експлоатационен опит, са описани подробно в глава 2 на настоящият Доклад. Разпространението и използването на опита от експлоатация на други АЕЦ сред персонала, се осъществяват съгласно процедура за използване и разпространение на експлоатационен опит.

Информацията, получена от международния научно–изследователски опит и от участия на персонала в семинари, конференции и обучение, се използва за сравнение, анализ и определяне на превантивни и коригиращи мерки, както и за навременно актуализиране на Програмата за корпусите на реакторите.

- Вътрешен опит

В изпълнение на проект за продължаване срока на експлоатация на оборудването и тръбопроводите на реакторната установка са извършени разчети на температурните полета и напреженията, статичната и цикличната якост и съпротивлението срещу крехко разрушаване на корпуса на реактора на блок 5 на АЕЦ „Козлодуй“, с отчитане на прогнозирания флуенс на бързите неутрони върху корпуса на реактора за срока на дългосрочната експлоатация.

Разчетните анализи са извършени за комбинации от следните натоварвания и режими:

- режими нормална експлоатация;
- режими нарушение на нормалната експлоатация;
- проектни аварии;
- проектно земетресение;
- максимално разчетно земетресение.

В резултат на изпълнените разчети са определени нови температурни режими на метала на корпуса на реактора за хидравлични изпитания и брой цикли на натоварвания на оборудването на реакторната установка. Програмата за управление на ресурса на корпусите на реакторите е изменена през 2016 г.

Същите дейности в момента се изпълняват и за блок 6 на АЕЦ „Козлодуй“ съгласно проекта за продължаване срока на експлоатация.

- Външен опит

Във връзка с регистрираните дефекти в основния метал на корпусите на реактори, през 2012 г. в белгийските АЕЦ Доел 3 и Тианж 2, и съгласно препоръките на WENRA към органите по ядрена безопасност, е извършена проверка на материалите и структурната

цялост на корпуси на реактори от типа PWR/WWER, произведени преди 1985 г. В рамките на тази проверка са анализирани наличните данни, включително методологиите и видовете безразрушителен контрол и е направена преоценка на качеството на основния метал на изковките на корпусите на реакторите. Изводите от преоценката показват, че:

- не са регистрирани фиксируеми индикации при безразрушителния контрол на основния метал на корпусите на реакторите на 5 и 6 блок в обема, посочен в инструкцията за металоконтрол, както и при допълнителния ултразвуков контрол на основния метал на пръстените;
- поради факта, че реакторите на 5 и 6 блок на АЕЦ „Козлодуй“ са от по-ново поколение и са произведени по различна технология, възникването на дефекти от типа „водородни флокени“ в основния метал на корпусите е невъзможно;
- Квалификациите на системите за контрол на корпусите на реакторите в АЕЦ „Козлодуй“ се извършват в съответствие с приетите международни норми на IAEA и ENIQ, от независим Квалификационен орган.

На основание горните изводи е направено заключение, че не се налага увеличаване на обема за контрол, извън рамките на съществуващите програми за металоконтрол.

### **5.1.3. Мониторинг, изпитване, пробоотбор и инспекция на корпусите на реакторите**

*Проследяването и контрола на състоянието на корпуса на реактора се осъществяват чрез:*

#### 5.1.3.1. Контрол на водохимичния режим

В АЕЦ „Козлодуй“ се поддържа оптимален водохимичен режим, от гледна точка на намаляване процесите на корозия на конструкционните материали, намаляване отложенията на топлообменните повърхности, увеличаване ресурса на оборудването, намаляване интензивността на натрупване на радиоактивни продукти и намаляване дозовото натоварване на персонала.

Управлението на водохимичния режим се извършва съгласно изискванията на инструкциите по експлоатация и изискванията на нормативната и оперативна документация.

На базата на инструкции и утвърдени обеми за ремонтна дейност, в началото на всеки планов годишен ремонт на блоковете се изготвя конкретна програма за корозионен контрол на оборудването.

Съгласно изискванията на Инструкция за поддържане на водохимичните режими, резултатите от химичния контрол се оценяват и анализират ежедневно, ежемесечно и се изготвят отчети за състоянието на водохимичните режими I-ви, II-ри контур, отделно за 5 и

за 6 блок. Изготвят се месечни и годишни отчети и отчети по горивни кампании за поддържаният водохимичен режим на топлоносителя по I-ви и работната среда по II-ри контур на 5 и 6 блок. В отчетите се прави анализ на данните за водохимичните режими, причините за отклоненията и/или нарушенията, ако има такива, и изпълнените коригиращи мерки.

#### 5.1.3.2. Контрол на натрупания неутронен флуенс

Контролът на натрупания неутронен флуенс се извършва съгласно Инструкция за изготвяне на отчети с неутронно-физични характеристики на реактора.

Определянето на радиационното натоварване на корпусите на реакторите се постига с комбиниране на измервания и изчисления. Неутронният флуенс за дадени зони на корпуса на реактора и за местата на образците-свидетели се определя с изчисляване на абсолютните стойности. Резултатите от изчисленията се сравняват с измерените резултати на образците-свидетели и задкорпусни неутронни детектори, поставени и облъчени на външната страна на корпуса на реактора, съгласно “Методика нейтронного контроля на внешней поверхности корпусов водо-водяных энергетических реакторов АЭС” РБ-018-01, 2001.

#### 5.1.3.3. Следене на процеса на изменение на механичните характеристики

Следене на процеса на изменение на механичните характеристики на основния метал и заварените съединения на корпуса на реактора се извършва съгласно програма за изваждане и изпитване на образци-свидетели.

Стандартната програма за образците-свидетели позволява получаването на експериментална информация за радиационното окрежкостяване на материала на корпуса на реактора и се явява основа за уточняване на нормативните зависимости, предназначени за оценка на радиационното повреждане на материалите.

Данните, получени при изпитанията на образци-свидетели, коректно характеризират свойствата на материалите на корпуса на реактора, както в началното състояние, така и в процеса на експлоатация. Резултатите са достоверни и представителни, което позволява еднозначно определяне на необходимите параметри, например на критичната температура на крехкост на метала на корпуса на реактора.

С цел определяне на фактическите изменения на механичните свойства на метала на корпуса на реактора (граница на провлачване, временното съпротивление, относителното удължение, относителното стеснение) и характеристиките на съпротивление срещу крехко разрушаване (критична температура на преход на метала от пластично в крехко разрушаване), образци-свидетели периодично се извличат от реактора и се изпитват в условията на специализирани лаборатории.

Списъкът на характеристиките, определяни чрез образци-свидетели, местата им на монтиране и начинът им на закрепване са показани в конструкторската документация на стр. 86/120

образците-свидетели. Там се регламентира и количеството образци-свидетели за всеки вид изпитване, съпровождането им при облъчване с индикатори на неутронния поток и температура, сроковете за изпитване и отчетността по резултатите от изпитването.

#### 5.1.3.4. Безразрушителен контрол на метала на корпуса на реактора

Безразрушителният контрол на корпусите на реакторите се изпълнява съгласно Дългосрочен график за превантивно техническо обслужване и ремонт и работни програми за експлоатационен контрол на оборудване и тръбопроводи от I-ви контур, които се разработват за съответния планов годишен ремонт. Работните програми се разработват в съответствие с утвърдена Инструкция за експлоатационен контрол. Инструкцията определя методите, нормативните документи, обема и периодичността на безразрушителния контрол на елементите на корпусите на реакторите.

Прилагат се следните методи за безразрушителен контрол на корпусите на реакторите: визуален контрол, телевизионен оглед с дистанционни средства, капилярен контрол, ръчен и автоматизиран ултразвуков контрол, вихровотоков контрол.

Безразрушителният контрол, съгласно Инструкцията за експлоатационен контрол, се извършва от външната и вътрешната страна на корпусите на реакторите. Периодичността на външнокорпусен безразрушителен контрол (визуален контрол, телевизионен оглед с дистанционни средства, капилярен контрол и ръчен и автоматизиран ултразвуков контрол) е максимум 30 000 часа (4 години) на работа, а на вътрешнокорпусен (ръчен и автоматизиран ултразвуков контрол, вихровотоков контрол) – максимум 60 000 часа (8 години) на работа. Телевизионен оглед с дистанционни средства на вътрешната страна на корпусите на реакторите се извършва не по-късно от 30 000 часа на работа. Безразрушителният контрол (визуален контрол, капилярен контрол и ръчен и автоматизиран ултразвуков контрол) на фланеца на корпуса на реактора се извършва при всяко разуплътняване.

В обема на автоматизирания безразрушителен контрол, от външната страна на корпуса на реактора са включени следните критичните елементи:

- ултразвуков контрол и телевизионен оглед с дистанционни средства на заварени съединения №№1÷4\*;
- ултразвуков контрол на пръстена (600 mm) срещу кронщейните, включително и заварените съединения на кронщейните към корпуса на реактора;
- телевизионен оглед с дистанционни средства на основния метал на пръстена срещу активната зона;
- ултразвуков контрол и телевизионен оглед с дистанционни средства на основния метал на дъното;

се извършва по цялата дебелина на компонента до границата с антикорозионната наплавка включително.

*\*ЗАБЕЛЕЖКА: Поради наличието на опорния пръстен, сканирането (Ултразвуков контрол) на заварено съединение №4 е едностранно. На заварени съединения №№5÷7 се извършва визуален контрол, капиларен контрол и ръчен ултразвуков контрол.*

През 2002 г. е извършено непрекъснато сканиране по външната цилиндричната повърхност на корпуса на реактора на 6 блок, от заварено съединение на дъното към долния пръстен до ниво 1000 mm под опорния пръстен, т.е. извършено е прозвучаване на основния метал в обем 100% на долния пръстен (между заварено съединение №2 и заварено съединение №3) и около 80% от площта на основния метал на горния пръстен (между заварено съединение №3 и заварено съединение №4).

В обема на автоматизирания безразрушителен контрол от вътрешната страна на корпуса на реактора са включени следните критичните елементи:

- ултразвуков контрол на заварени съединения №№1÷7, включително и антикорозионната наварена повърхност;
- ултразвуков контрол, вихротоков контрол и телевизионен оглед с дистанционни средства на антикорозионната наварена повърхност на пръстена (1000 mm) срещу активната зона;
- ултразвуков контрол и телевизионен оглед с дистанционни средства на антикорозионната наварена повърхност на щуцерите Ду 850, включително и на заварените съединения на корпуса на реактора с главен циркуляционен тръбопровод Ду 850;
- ултразвуков контрол, вихротоков контрол и телевизионен оглед с дистанционни средства на антикорозионната наварена повърхност на радиусните преходи на щуцерите Ду 850;
- Телевизионен оглед с дистанционни средства на цялата антикорозионна наварена повърхност на корпуса на реактора, включително и на заварените съединения на защитните ризи на щуцери от Система за аварийно охлаждане на зоната и на кронщейните към корпуса на реактора, на шпонките към кронщейните, контактните повърхности на шпонките и щифтовете.

При ултразвуков контрол на антикорозионната наварена повърхност се прозвучават: наплавката, зоната на сплавяване и основния метал/заварено съединение на дълбочина до 25 mm. Вихротоков контрол се извършва за наличие на повърхностни и подповърхностни дефекти до дълбочина 4 mm.

Безразрушителният контрол на метала се извършва в съответствие с процедурите за визуален контрол, телевизионен оглед с дистанционни средства, капиларен контрол, ръчен и автоматизиран ултразвуков контрол и вихротоков контрол и специализираните методики,



разработени за автоматизиран ултразвуков контрол, вихровотоков контрол и телевизионен оглед с дистанционни средства на корпуса на реактора.

Изпълнява се програма за квалификация на системите за безразрушителен контрол, (методики, оборудване и персонал) на компоненти, важни за безопасността. Квалифициран е външно и вътрешно корпусния ултразвуков контрол и контрола на щуцери Ду850 към корпуса на реактора. Квалификацията е извършена на базата на Методологията на МААЕ (IAEA-EBR-WWER-11. Methodology for Qualification of ISI Systems for WWER Nuclear Power Plants. 1998) и Европейската мрежа за квалификация на инспекции ENIQ (EUR 17299 EN. European Methodology for Qualification of Non-Destructive Testing, (Third Issue) 2007). Сертификатите за методиките за контрол се ресертифицират периодично, ако има изменения във „важните“ параметри. Персоналът, изпълняващ контрола, се ресертифицира през 5 години, съгласно приетата Система по качество на Квалификационния център.

Критериите за оценката на резултатите от безразрушителния контрол са съгласно нормативните документи, цитирани в т. 5.1.1 на настоящия Доклад.

За регистрираните фиксируеми индикации е въведен специален режим на наблюдение. След всяка инспекция се извършва сравнителен анализ на индикациите. Анализът се отразява в отделно приложение към Акта за изпълнение на Работната програма за експлоатационен безразрушителен контрол. До настоящия момент не са регистрирани изменения на наблюдаваните индикации.

Като част от мерките за удължаване на срока на експлоатация на 5 и 6 блок, са извършени разчети на допустимите размери на регистрираните индикации в заварените съединения на корпусите на реакторите. Разчетите са изпълнени в рамките на дейностите по проекта за продължаване на срока на експлоатация на 5 и 6 блок на АЕЦ “Козлодуй”, при което е доказано, че индикациите няма да надвишат допустимите норми.

#### 5.1.3.5. Контрол на цикличната якост

Контролът на цикличната якост на корпуса на реактора се осъществява на основата на изисквания, отчитащи съотношението на допустимите цикли на натоварване и данните за фактическите цикли на натоварване (в това число и вибрационните) за целия срок на експлоатация.

Количеството допустими цикли на натоварване, в това число и на корпуса на реактора, в различните експлоатационни режими с нормални условия на експлоатация, нарушени нормални условия на експлоатация и проектни аварии е регламентирано от нормативната, проектната и експлоатационната документация. Фактическото количество цикли на натоварване, като един от определящите параметри на техническото състояние на корпуса на реактора, и допустимото количество цикли на натоварване определят остатъчния ресурс на корпуса на реактора по циклични натоварвания.

Входна информация за разчета на значенията на натрупаното уморно повреждане на елементите на корпуса на реактора се явяват съставът на преходните режими на работа и натоварванията, предизвикващи циклични напрежения, броят на техните повторения и характеристиките, необходими за разчета на напрегнатостта, а също данни за вибрационното натоварването на елементите на корпуса на реактора за времето на експлоатация на реакторната инсталация.

Броят режими на работа и натоварване, данните за тяхната повтораемост се определят от анализа на експлоатацията на реакторната инсталация или чрез експертна оценка. В резултат се определят условията на експлоатационното циклично натоварване в най-натоварените зони на елементите на корпуса на реактора – амплитудите на напрегнатост и броя цикли от различен тип за времето на експлоатация.

#### 5.1.4. Превантивни и коригиращи действия за корпуса на реактора

Изградената в АЕЦ система за превантивни и коригиращи действия е описана в т. 2.3.4 на настоящия Доклад

##### 5.1.4.1. Превантивни действия за корпуса на реактора

Превантивните дейности, извършвани в процеса на управление на стареене на корпусите на реакторите в “АЕЦ Козлодуй” ЕАД са разработени в рамките на програмата за корпусите на реакторите. В Таблица 5, тези дейности са представени в по-съкратен вид.

**Таблица 5. Превантивните дейности, извършвани в процес на управление на стареене на корпусите на реакторите**

№	Дейност за корпуса на реактора (КР)	Референтен механизъм на стареене	Ръководни документи	Отчетни документи	Изпълнител
1	Ремонтна дейност	Умора, Локална корозия, Радиационно окрежкостяване	Инструкция за техническо обслужване и ремонт на основното оборудване по първи контур на реакторна установка ВВЕР-1000	Актове за изпълнени техническо обслужване и ремонт	Звено на АЕЦ “Козлодуй”
2	Безразрушителен контрол (БК)	Умора на материала, Локална корозия, Корозия под напрежение	1. Програма за експлоатационен контрол 2. Процедури за експлоатационен контрол	Доклади, Актове за извършен БК	Звено на АЕЦ “Козлодуй”
3	Изпитване на образци-свидетели	Термично окрежкостяване, Радиационно окрежкостяване	График за изваждане на образци-свидетели на АЕЦ “Козлодуй” (съгласно ПУС на КР)	Отчети по договори	Инженерингови компании
4	Зареждане на активната зона по частична нискоутечкова схема	Радиационно окрежкостяване	Административна инструкция. Изготвяне на отчети с неутронно-физични характеристики на реактор ВВЕР-1000	Отчети с неутронно-физични характеристики	Звено на АЕЦ “Козлодуй”

№	Дейност за корпуса на реактора (КР)	Референтен механизъм на стареене	Ръководни документи	Отчетни документи	Изпълнител
5	Контрол на корозионното състояние	Локална корозия, Корозия под напрежение	Работна програма за контрол на корозионното състояние на технологичното оборудване по I <sup>ВН</sup> и II <sup>РН</sup> контур на АЕЦ с ВВЕР-1000	Акт за корозионното състояние	Звено на АЕЦ "Козлодуй"
6	Контрол на натрупания неутронен флуенс	Радиационно окрежкостяване	План-график за дългосрочни дейности по КР на 5 и 6 блок (съгласно програмата на КР)	Отчети след всяка горивна кампания	Звена на АЕЦ "Козлодуй" Инженерингови компании
7	Техническо освидетелстване		Инструкция за безопасно обслужване на съдове и тръбопроводи в РО-5,6 ЕБ и СК-3	Актове за техническо освидетелстване	Звено на АЕЦ "Козлодуй"
8	Поддържане на оптимален водохимичен режим (ВХР)	Локална корозия, Корозия под напрежение	1. Инструкция по експлоатация. Водохимичен режим на I-ви контур, II-ри контур и СВО 2. Инструкция за техническо обслужване. Инструкция за контрол на корозионното състояние на технологичното оборудване по първи и втори контур на АЕЦ с ВВЕР-1000	Бланки и протоколи	Звено на АЕЦ "Козлодуй"
9	Хидроизпитания на якост	Локална корозия, Корозия под напрежение, Умора	Комплексна инструкция по експлоатация за пускане на V/VI блок	Актове за изпълнение	Звено на АЕЦ "Козлодуй"
10	Експлоатационен мониторинг	Умора	Инструкция по експлоатация за работа с ядрено-приложни програми на УИС Ovation, ИЕ на система за широкообхватен температурен контрол на корпуса на реактора	Бланки, протоколи и отчети от диагностичните системи	Звена на АЕЦ "Козлодуй"

#### 5.1.4.2. Коригиращи действия

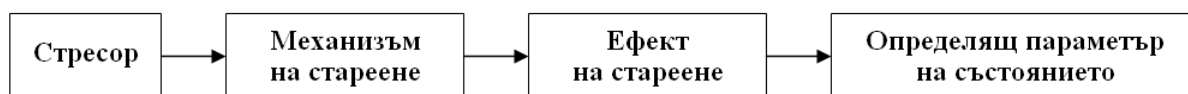
В случай че конструкция или компонент на корпуса на реактора не удовлетворява критериите за приемане, се предприемат коригиращи мерки, които са описани в Програмата за корпусите на реакторите с необходимата детайлност. Коригиращите мерки, включително определяне на коренната причина и предотвратяване на повторна поява, са своевременни и се извършват в съответствие с приложимите норми или одобрените от регулаторния орган АЯР стандарти.

Идентифицираните несъвършенства (дефекти) се анализират и отстраняват чрез квалифицирани техники за техническо обслужване и ремонт, прилагат се нови ремонтни технологии и материали, и се предприемат коригиращи мероприятия с цел потискане на механизмите на стареене и ограничаване на последствията от техните ефекти и забавяне на процеса или обръщане на тенденцията. В програмата за корпусите на реакторите са определени следните коригиращи мероприятия:

- възлагане и извършване на допълнителни анализи (включително якостни, PTS, неутронен флуенс) на компетентни инженерингови компании и научни институти и при необходимост, съобразено с резултатите от анализите, препроектиране или подмяна на компоненти;
- промяна в експлоатационните режими, практики и функционалните изпитвания;
- модификация (корекции) във водохимичните режими;
- допълнително обследване на състоянието на метала на корпусите на реакторите чрез методите на безразрушителния контрол и чрез експертните методи на металоконтрол, с цел оперативна диагностика на причините за възникване и разпространение на несъвършенства в критичните области на оборудването. Организиране и провеждане на супервайзерски (надзорен) безразрушителен контрол. Актуализиране на програма за образци-свидетели на “АЕЦ Козлодуй” ЕАД;
- Разполагане на допълнителни датчици за контрол, показанията на които, заедно с данните, получени от щатните датчици (налягане, температура, разход и т.н.), позволяват получаване на максимално пълна информация за състоянието на корпусите на реакторите, с цел разработване на допълнителни мерки за предпазване на корпусите на реакторите от неблагоприятни фактори.

Едно от основните коригиращи мероприятия в “АЕЦ Козлодуй” ЕАД е Ремонтна стратегия за корпусите на реакторите в “АЕЦ Козлодуй” ЕАД. При разработка на ремонтната стратегия за корпусите на реакторите се включват и изпълняват следните етапи:

- Диагностика – идентифицираните несъвършенства или индикации се подлагат на анализ по схемата, представена на Фигура 2.



**Фигура 2. Типова схема за извършване на диагностика на възела с несъвършенства**

- Прогноза – дават се оценки за техническата възможност за извършване на ремонта и икономическата му целесъобразност.
- Времеви график – предстоящите ремонтни дейности се подреждат по приоритети.
- Избор на метод на ремонта – изборът на метод зависи от характера на повредите и несъвършенствата, приложимостта и цената.
- Подготвителни предремонтни дейности – подготвителните предремонтни дейности са свързани с осигуряване на квалифициран и обучен персонал, използване на квалифицирани техники за техническо обслужване и ремонт, разработка и прилагане на нови ремонтни технологии и материали.
- Адекватно прилагане на ремонтните мерки.

## **5.2. Опит на лицензианта в прилагането на Програмата за корпусите на реакторите**

### **5.2.1. Експлоатационен опит**

Изменението на свойствата на метала на корпусите на реактори тип ВВЕР-1000 по време на експлоатация се контролира чрез периодично изпитване на образци-свидетели. За тази цел от производителя е разработена и приложена за блокове 5 и 6 на АЕЦ “Козлодуй” т.нар. “Типова програма за наблюдение на корпусите на реакторите”. Програмата дефинира видовете и количеството на образците-свидетели, материалът от който са изработени, обхватът на механичните изпитвания и контролираните параметри на изпитване, както и периодичността на контрола.

Експлоатационният опит, придобит по време на изпълнението на Стандартната програма за наблюдение на корпус на реактор тип ВВЕР-1000, а също и новите научни изследвания и разработки в областта на изучаване на възникването и протичането на деградационните процеси в материали на корпуса на реактора показва, че стандартната програма на образците-свидетели, съпровождаща корпусите на реакторите и на други АЕЦ с реактори тип ВВЕР-1000 е възможно да бъде модернизирана.

### **5.2.2. Реализирани промени в Програмата вследствие на експлоатационния опит**

Определянето на флуенса на бързи неутрони в корпуса на реактора е фундаментално за оценка промяната свойствата на материала, което гарантира целостта на корпуса при всички режими на експлоатация и е основа за оценка на остатъчния ресурс на съоръжението. Под въздействието на бързите неутрони в метала на корпуса на реактора протичат процеси, вследствие на които се увеличава якостта и се намалява пластичността и жилавостта на

метала. За оценка на механичните свойства на метала на корпуса и на заваръчните шевове се използва интегралният по време поток на неутроните с енергия над 0.5 MeV (флуенс). За оценка на точността на пресметнатия неутронен флуенс в корпуса на реактора се прилагат данни от пресметнати и измерени активности на образците-свидетели и детекторите в щатните сборки.

Проведени са:

- експерименти за установяване поведението на метала на заводски заваръчен шев с високо никелово съдържание (1,7%) при облъчване с надпроектен неутронен флуенс;
- PTS-анализ и определяне на допустимата критична температура на крехкост за корпусите на реакторите на блокове 5 и 6.
- оценка на ефекта от термично стареене на материала от корпусите на реакторите. Извадени и изпитани са температурни сборки от 5 и 6 енергоблок.

Целта на проведените изпитвания е определяне степента на изменение на свойствата на метала на корпусите на реакторите на 5 и 6 енергоблокове вследствие на топлинното въздействие към момента на изваждането на образците от реакторите.

Получените от изпитването нови резултати, заедно с базата данни от предишни изпитвания на образци-свидетели от тези блокове, позволяват по-точно прогнозиране на изменението на свойствата на метала, необходимо за обосновката на проектната и надпроектната експлоатация на блокове.

Въз основа на получените резултати е направена промяна в Типовата програма за наблюдение на корпусите на реакторите и промяна в Графика на изваждане и изпитване на образци-свидетели, приложение към Програмата за управление на стареенето на корпусите на реактори.

### **5.2.3. Обследване на корпусите на реакторите за целите на допълнителния срок на експлоатация**

В рамките на мащабната програма за обследване и обосноваване продължения срок на експлоатация на блоковете, са направени редица измервания, изследвания и контрол и са анализирани получените резултати.

#### ***Радиационно окрежкостяване***

Следи се акумулирания флуенс в корпуса на реактора чрез измервания, аналитични изчисления и периодично изследване на лъчевите образци-свидетели (механични, топлинни и йонизационни). В рамките на проекта за продължаване срока на експлоатация са пресметнати стойностите на флуенса. Пресметнатият флуенс, с отчитане на новия тип гориво и при работа на мощност 104% от номиналната, достига приблизително 40% от проектната стойност към края на продължения срок на експлоатация. Това се дължи на използването на

ниско утечкови схеми на зареждане, при които се получава значително намаляване на неутронният флуенс на стената на корпуса на реактора.

### ***Термично стареене на корпуса на реактора***

В процеса на експлоатация, корпусът на реактора е подложен на въздействието на повишени температури (290 – 322°C), което води до развитие на термично стареене и изменение на нивото на механичните свойства и характеристиките на материалите. Този ефект е отчетен при якостния разчет на корпуса на реактора.

### ***Междукристална корозия, локална корозия***

Корпусът на реактора отвътре и уплътнителната повърхност са наварени с дву- и трислойна аустенитна наплавка.

Според резултатите от експлоатационния контрол на метала не са установени дефекти, предизвикващи локална (язвена) корозия на вътрешната повърхност на корпуса на реактора и уплътнителната повърхност. Корозионните дефекти не са механизъм, ограничаващ срока на експлоатация на корпуса на реактора, при спазване на нормите на водохимичен режим на първи контур.

### ***Умора***

Доминиращият механизъм на стареене е циклична умора. Якостта и целостта се определят предимно от съпротивлението срещу крехко разрушаване, цикличната якост и пукнатинуоустойчивостта на основния метал, метала на заваръчните шевове, както и на антикорозионната наплавка.

Извършени са разчети с отчитане на изменението на свойствата на материалите и фактически реализираните при експлоатация цикли на натоварване.

Анализът на експлоатационните режими показва, че има много голям запас на якост, от гледна точка на натрупаната циклична повреждаемост.

### ***Корозия под напрежение***

Този механизъм на стареене е характерен за зоните на уплътнителните канавки и резбовите повърхности на шпилъчните гнезда. Тези зони се контролират периодично, подлежат на ремонт и не са лимитиращи за срока на експлоатация на корпуса на реактора.

Действително измерените стойности и характеристики са сравнени с проектните. Данните показват, че темповете на стареене са по-ниски от предвижданията.

Постигнатите резултати показват, че изградената и прилагана програма за управление на стареенето е адекватна. Заложените в нея цели, по отношение координиране на организационно техническите мероприятия за осигуряване надеждност и безопасност на корпуса на реактора са постигнати.

### **5.3 Оценка и заключения на регулатора относно управлението на стареенето на корпусите на реакторите**

Програмата за управление на ресурса на корпусите на реакторите на блокове 5 и 6 на АЕЦ „Козлодуй“ е разработена в съответствие с нормативните документи и стандартите по безопасност на МААЕ. В обхвата на програмата влизат корпуса на реактора и горния блок. За зони на особено внимание са приети възел на уплътнение, външна и вътрешна повърхност на корпуса на реактора, основния метал и заварените съединения.

При изготвяне на Програмата за управление на ресурса на корпусите на реакторите са използвани проектната и конструкторската документация, данните от експлоатацията, ремонта и контрола на съоръжението, както и данни от външния опит от изследване състоянието на метала на корпусите на реакторите.

Програмата е актуализирана и допълвана след извършеното мащабно обследване, в рамките на програмата за продължаване срока на експлоатация на блоковете.

Програмата за управление на ресурса на корпусите на реакторите е част от лицензионната документация и е обект на преглед и оценка от страна на регулатора.

Като част от регулаторния контрол на процесите на управление на стареенето се извършва преглед и на програмите за контрол на метала на корпусите на реакторите, представяни в АЯР преди всеки планов годишен ремонт.

Контролът на процесите на управление на стареенето се осъществява и посредством регулаторни инспекции, провеждани основно по време на планов годишен ремонт и преди пуск на блока. В обхвата на тези проверки задължително се включва и проверка на обема и резултатите от изпълнения металоконтрол на корпуса на реактора, както и поддържащия водохимичен режим и резултатите от корозионното обследване;

На основание извършения регулаторен контрол може да се потвърди, че Програмата за управление на стареенето на корпусите на реакторите и извършвания експлоатационен контрол са ефективни и в съответствие със съществуващите нормативни изисквания.

## **6. КАЛАНДРИ/ТЕХНОЛОГИЧНИ КАНАЛИ (CANDU)**

Няма отношение.

АЕЦ „Козлодуй“ експлоатира реактори от типа ВВЕР-1000 по руски дизайн, който е тип PWR по западната терминология.



## 7. БЕТОННИ КОНСТРУКЦИИ НА ХО

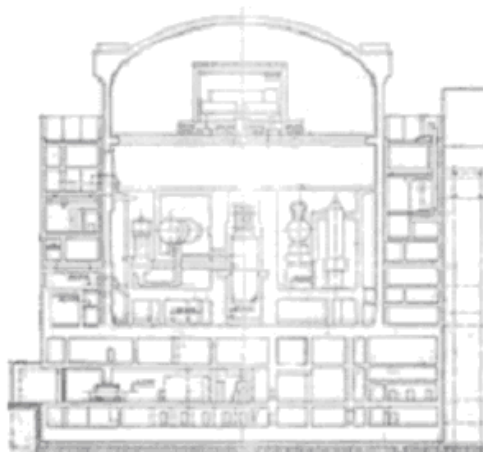
### 7.1. Описание на програмите за управление на стареенето на бетонни конструкции

#### 7.1.1. Обхват на управлението на стареенето на бетонни конструкции

##### 7.1.1.1. Описание на типовете конструкции, основните функции и основните структурни елементи

Строителната конструкция на Реакторното отделение на 5-и и 6-и блок представлява пространствена конструктивна система, която може да бъде разглеждана като съставена от три основни части – фундаментен блок, херметична конструкция и обстройка. Трите основни части са обединени от стоманобетонна плоча с дебелина 2,40 m. Херметичната конструкция на 5 и 6 енергоблокове на АЕЦ “Козлодуй“ е специална напрегната стоманобетонна конструкция за защита, която се състои от: цилиндър, купол и опорен пръстен, който ги свързва. Обстройката е конструкция с размери 66 x 66 m, формирана от стоманобетонни стени и плочи около херметичната конструкция. Фундаментният блок се състои от фундаментна плоча и две междинни плочи, като закоравяващ ефект имат стените.

Реакторът е разположен в херметичния обем, за граница на който служи херметичната конструкция. Схематичен напречен разрез на реакторното отделение е показан на Фигура 3.



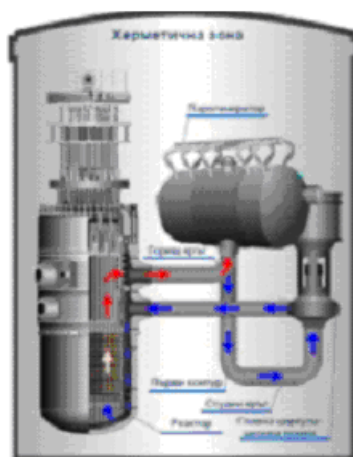
**Фигура 3. Схематичен напречен разрез на реакторното отделение**

В Отчет за анализ на безопасността е представена проектната документация, анализите и разчетите за строителните конструкции на реакторно отделение на АЕЦ „Козлодуй“. Системата за херметично ограждане е документирана в Отчета за анализ на безопасността като част от локализиращите системи за безопасност. Конструкциите на системата за херметично ограждане изпълняват следните изисквания:

- като част от локализиращите системи, изпълнява зададените функции (запазване на плътност и якост) и удържане на активните продукти на делене във всички проектни режими на експлоатация;
- осигурява функции на преграждаща и носеща конструкция в условията на експлоатация и в преходни режими;
- осигурява биологична защита, както в условията на експлоатация, така и при проектни аварии;

При изчисляване на якостта на херметичната конструкция са отчетени въздействия от природни явления, техногенни събития, а също и комбинация от въздействията, предизвикани от разкъсване на тръбопровод от контура на топлоносителя на реактора с максимален диаметър и на максимално разчетно земетресение. Определени са запасите по безопасност при надпроектно земетресение, при комбинация на надпроектно земетресение и наводнение, както и начинът на поддържане на интегритета на херметичната конструкция при тежки аварии.

На Фигура 4 е показана принципна схема на херметичната зона.



**Фигура 4. Принципна схема на херметичната зона**

В обема на херметичната конструкция е включено и помещението на резервоара за аварийна подпитка. Помещението е облицовано с един слой стоманена ламарина и с втори слой от неръждаема ламарина, като между двата слоя се осъществява контрол на протечките с помощта на специално изградена система.

Вътрешната страна на херметичната конструкция е покрита със стоманена обшивка (стомана клас ВСтЗсп5), която осигурява херметичността. На външната страна на цилиндричната част на херметичната конструкция е положена циментова замазка (торкрет). Бетоновата повърхност е защитена с епоксидно антикорозионно покритие. За допълнителна защита, над котлата на откритата част на херметичната конструкция е монтирана профилирана ламарина (ЛТ-ламарина), с дебелина 0.8 mm. Върху хоризонталната част на

опорния пръстен е положена защитна циментова замазка и два пласта хидроизолация. Защитното покритие на купола се състои от следните елементи: лек бетон за оформяне на наклоните за отводняване; изравнителна цименто-пясъчна замазка; четири слоя изолационен материал и бетон за защита на хидроизолацията. Допълнително, през 2014 г. куполът е обработен с материали, предпазващи навлизането на влага в стоманобетона.

За осигуряване на необходимата якост на херметичната конструкция, тя е оборудвана със специална система за предварително налягане, която се състои от налягателни снопове в цилиндричната стена и в купола, като краищата на всичките се анкерират в опорния пръстен на черупката. Предназначението на системата е да създаде минимално равномерно ниво на предварително налягане на херметичната конструкция, което да осигури изпълнението на нейните основни функции. Налягателните снопове са монтирани в предварително забетонирани в стените на цилиндъра и купола на черупката полиетиленови тръби (т.нар. каналобразуватели). Каналите не са инжектирани, което позволява при нужда да бъде извършван контрол, подмяна и доналягане на налягателните снопове. Системата за предварително налягане е основният фактор, определящ налягателното състояние на конструкцията при експлоатационни състояния и в аварийни условия. Всеки налягателен снап е съставен от стоманени високоякостни въжета, като всяко въже се състои от един прав централен и спирално навити около него студено изтеглени телове. Въжетата са неразсукващи се и имат минимална релаксация. Анкерните устройства на налягателните снопове се състоят от блок-котва, триделни клинове, анкерен винт и гайка.

Постоянен контрол в реално време на силата в налягателните снопове (цилиндрични и куполни) се извършва чрез специално създадена система за автоматичен контрол на налягателната сила. Системата е базирана на стандартни електросъпротивителни тензометрични датчици, групирани по проекта, в специално разработени анкерни измервателни устройства, наречени “измерителни дози-котви”. Съгласно приетата концепция, измерване се провежда на проектен брой снопове, разположени в цилиндричната част на херметичната конструкция и в купола, като датчиците са монтирани на въжетата на всеки снап.

Датчиците са свързани с кабелни връзки с централна измерителна станция, разположена в реакторно отделение. Системата разполага и с подвижна измерителна станция. Данните от всички дози се записват, обработват, систематизират и интерпретират компютърно, с помощта на специално адаптиран за целта софтуер. Като резултат се получава усредненото усилие в налягателния снап.

#### 7.1.1.2. Методи и критерии за избор на компоненти за управление на стареенето

Въз основа на критериите, описани в т. 2.3.1.2 от настоящия Доклад, са установени следните компоненти от херметичната конструкция, обстройката и фундаментния блок на реакторно отделение, които са обект на периодичен контрол и проверка:

- цилиндричната и куполната бетонна част;
- стоманената обшивка;
- напрегателните снопове;
- анкерните устройства на напрегателните снопове;
- защитен бетон на купола;
- системата за отводняване на купола;
- проходките на херметичната конструкция;
- външните и вътрешните стоманобетонни стени, и плочи на обстройката и фундаментният блок на реакторно отделение.

#### 7.1.1.3. Процеси/процедури за определяне на механизмите на стареене на различните материали и компоненти на бетонните конструкции

Потенциалните и доминиращи механизми на стареене за бетонните конструкции на херметичните конструкции, фундаментен блок и обстройката са установени въз основа на дългогодишни периодични наблюдения и мониторинг на тяхното състояние. Планирането, организирането и изпълнението на дейности по мониторинг на състоянието на херметичните конструкции, фундаментен блок и обстройката, както и интерпретацията на резултатите, са регламентирани в Инструкцията за мониторинг на състоянието на херметичните конструкции и Инструкцията за управление ресурса на строителните обекти.

Провеждат се периодични и извънредни визуални инспекции на видимите части от херметичните конструкции, фундаментен блок и обстройката, както следва:

- видимата външна част от херметичните конструкции, цилиндрична част, пръстен и купол;
- долни опорни блокове;
- видимата вътрешна част на херметичните конструкции;
- анкерни детайли на напрегателни снопове от системата за предварително налягане;
- опори на стоманена ферма на вентилационен комин;
- външните и вътрешните стоманобетонни стени, и плочите на обстройката и фундаментният блок на реакторно отделение.

Периодичните визуални огледи се провеждат от комисия:

- на 3 месеца – за защитните капаци и анкерирането на напрегателните снопове;

- в рамките на техническите огледи на строителните конструкции – за състоянието на вътрешната и външната ламаринена обшивка, както и на бетона на херметичната конструкция, фундаментен блок и обстройка (техническите огледи се провеждат в рамките на годишен период).

На базата на резултатите от проведения мониторинг на състоянието на херметичните конструкции, фундаментен блок и обстройката на реакторно отделение, се оценява текущото състояние на:

- защитния бетон и външната ламаринената обшивка (ЛТ-ламарина) на цилиндричната част;
- защитните стоманени капаци за отводняването на коритата и анкерването на напрегателните снопове;
- вътрешната ламаринена обшивка на херметичната конструкция (осигуряваща херметичност);
- външните и вътрешните стоманобетонни стени, и плочите на обстройката и фундаментния блок на реакторно отделение.

Резултатите от мониторинга на херметичните конструкции, обстройката и фундаментния блок на реакторно отделение и набелязаните мерки се документират в специални протоколи. Протоколите съдържат:

- основания за провеждане на мониторинга;
- състав на комисията, провела огледа;
- стопанисващо и експлоатиращо подразделение;
- данни за прегледаната техническа документация, геодезичен контрол;
- описание на констатираните дефекти, изпълнено на базата на предварително попълнените фишове и с препратки към същите;
- друга информация за контролираните обекти, установена при прегледа на наличната техническа документация и по време на огледа (например данни за изпълнени или планирани значими ремонти и обследвания и резултати от същите, интерпретация на резултати от други видове мониторинг, данни за настъпили промени на функцията или статуса на обекта и др.);
- заключение относно общото състояние на херметичните конструкции, фундаментния блок и обстройката;
- предложения за бъдещи дейности.

Към протоколите задължително се прилагат и всички попълнени фишове за регистрация на констатираните дефекти.

Резултатите от контрола на херметичните конструкции от система за автоматизиран контрол на напрегнатото и деформирано състояние се документират в Акт за провеждане на изпитания и контрол на системи, който съдържа:

- степен на предварително налягане на херметичната конструкция спрямо състояние след смяна на системата за предварително налягане през 2005 г.;
- степен на предварително налягане на херметичната конструкция спрямо проектното ниво от предходен контрол от система за автоматизиран контрол на напрегнатото и деформирано състояние;
- степен на предварително налягане към определена дата, спрямо проектното ниво от системата за автоматизиран контрол на напрегнатото и деформирано състояние;
- средното усилие за налягателните снопове.

Актът се изготвя на всеки 3 месеца, преди и след изпитание на херметичната конструкция на плътност, както и при инциденти на системата за предварително налягане и/или земетресения.

Резултатите от контрола на херметичните конструкции от система за автоматизиран контрол на налягателните сили в сноповете се документират в “Анализ на данните от система за автоматичен контрол на налягателната сила в сноповете за 10-те контролирани налягателни снопа от системата за предварително налягане“ и “Акт за провеждане на контрол на система за автоматичен контрол на налягателната сила в сноповете на херметичните конструкции”. При достигане на експлоатационните предели се съставя Програма за доналягане на снопове, която да се изпълни по време на най-близкия планов годишен ремонт.

### **7.1.2. Оценка на стареенето на бетонни конструкции**

#### 7.1.2.1. Механизми на стареене, изискващи управление и оценка на тяхното значение

Отчитайки потенциално възможните механизми на стареене, за строителните конструкции на херметичните конструкции, фундаментен блок и обстройката на реакторно отделение са установени/избрани следните механизми на стареене, изискващи управление и оценка на тяхното значение:

- защитен бетон на купола – стареене и постепенно разрушаване на хидроизолационния материал във фугите, стареене на основния бетон, вследствие на атмосферните влияния, образуване на малки локални повреди в бетона;
- система за отводняване на купола – задържане на валежни води в анкерните корита поради нарушаване на водоплътността на отводнителната система и

корозия на пръстеновидния стоманен отводнителен канал по периферията на пръстена на съответната кота, както и всички възможни фактори на стареене, произтичащи от това;

- анкерните корита на цилиндричните снопове със защитните стоманени капаци и анкерването на напрегателните снопове – корозия на стоманените облицовки по стените и дъното на анкерните корита, нарушения в целостта на антикорозионното покритие и корозия по стоманените капаци и анкерните плочи;
- цилиндричната част на херметичната конструкция над откритата част – проникване на дъждовни води зад защитната LT-ламина и навлажняване на бетоновата повърхност, вследствие на разместване на листовите на защитната LT-ламина, и всички възможни фактори на стареене, произтичащи от това;
- напрегателните снопове в зоните на утките – нарушаване на покритието по повърхността на въжетата с консервационна смазка;
- видимата част на стоманената обшивка на херметичната конструкция – напукване, подкожушване или отлепяне на антикорозионното покритие;
- основен метал на стоманената обшивка на херметичната конструкция – наличие на зони с видими локални изкорубвания на стоманената облицовка, дължащи се на нейното изкълчване;
- основен метал на стоманената обшивка на херметичната конструкция – поява на деформации вследствие на външни натоварвания, предизвикващи отклонения от номиналната форма на цилиндричната част;
- релаксация на напреженията в напрегателните снопове (вследствие на провлачане на материала) и загуба на напрегателна сила;
- напрегателни снопове – отпускане (релаксация) на напрегателните снопове;
- основен метал на стоманената обшивка на херметичната конструкция – влошаване на физикомеханичните свойства на материала под въздействие на фактори от експлоатационната среда (високи температури, йонизиращи лъчения и др.);
- заваръчни шевове на стоманената обшивка на херметичната конструкция – поява на дефекти в заваръчните шевове и/или наличие на повърхностни несъвършенства.
- стоманена обшивка и други метални части на херметичната конструкция – корозия на конструктивната стомана;

- бетонни и метални части на херметичната конструкция, фундаментен блок и обстройката на реакторно отделение – висока температура и температурни цикли.;
- бетон и стомана на херметичната конструкция, фундаментен блок и обстройката на реакторно отделение – умора на материала;
- бетон и стомана на херметичната конструкция, фундаментен блок и обстройката на реакторно отделение – неравномерно относително слягане на отделни части от конструкцията.
- бетон и стомана на херметичната конструкция, фундаментен блок и обстройката на реакторно отделение – радиация и облъчване;
- стомана на херметичната конструкция – окрежкостяване;
- бетон и стомана на херметичната конструкция, фундаментен блок и обстройката на реакторно отделение – корозия на бетона и стоманата от борна киселина, хлориди и др.;

За бетона на херметичната конструкция, фундаментен блок и обстройката на реакторно отделение са извършват изброените по долу видове контрол/проверка за:

- съпротивляемостта на бетона в резултат на локално повишаване на влажността и проникване на различни видове соли и най-вече хлорни йони;
- протичане на деструкционни процеси в бетона в резултат на агресивно въздействие на сулфатни агресивни среди (сулфатна корозия (DEF) в бетона);
- физикомеханичните характеристики на бетона в резултат на протичане на алкало-силициева реакция (ASR) в бетона;
- електропотенциала между бетона и повърхността на армировката; нарушаване на контакта между бетона и носещата армировка и развитие на корозия на армировъчните пръти корозия на армировъчните пръти;
- целостта и структурата на бетона в дълбочина в резултат на пукнатинообразуване, деструктиране на бетона;
- разтваряне и извличане на калциев хидроокис от бетона;
- развитие на химическа агресия (включително хлоридна, сулфатна и др.);
- развитие на алкални реакции на добавъчния материал на бетона;
- циклично замръзване/размразяване.;
- корозия на стоманата в стоманобетонни елементи;
- пълзене на бетона;
- съсъхване на бетона;
- абразия (ерозия) и образуване на каверни в бетона;



- карбонизация (депасивиране) и неутрализация на бетона.

#### 7.1.2.2. Установяване на критерии за приемливост във връзка с механизмите на стареене

Съгласно Инструкцията за управление на ресурса на строителните обекти, са въведени критерии за оценка/категоризация на установени дефекти (текущо състояние) във важни елементи и възли (Таблица 6) въз основа най-вече на визуални наблюдения.

**Таблица 6. Критерии за оценка/категоризация на установени дефекти (текущо състояние) във важни елементи и възли**

Категория	Дефиниция / Описание
<b>Категория "А"</b>	<b>Значими дефекти</b> или тежки нарушения на основни КСК с първостепенно значение за безопасността, с непосредствена възможност за разрушение, предизвикващи внезапен (в кратък срок) отказ или разрушение. В тази категория се причисляват дефекти, които значително намаляват носещата способност на строителната конструкция и застрашават нейната сигурност. <b>Мерки за третиране:</b> Незабавно изпълнение на ремонти, възстановителни работи и/или други аварийни мерки.
<b>Категория "В"</b>	<b>Забележки или нарушения на КСК с умерено значение</b> (средно значими) за безопасността, с възможност за локално (частично) разрушение, предизвикващо ограничен и постепенен (в дълъг срок) отказ . Към тази категория се причисляват забележки, чието съществуване или бъдещо развитие може да застраши сигурността и нормалната експлоатация на сградата или съоръжението. <b>Мерки за третиране:</b> Ремонти, възстановителни работи и/или детайлна оценка/мониторинг - разглеждане (обсъждане) и приоритетно изпълнение в кратък срок.
<b>Категория "С"</b>	<b>Незначителни</b> забележки или нарушения на второстепенни КСК, не свързани с безопасността, с ограничена възможност за локално (частично) разрушение в изключително (крайно) дълъг срок. Към тази категория се причисляват забележки, чието развитие не застрашава сигурността и нормалната експлоатация на сградата или съоръжението. Въпреки това, същите могат да застрашават нормалната експлоатация на оборудването, живота и здравето на обслужващия персонал или да нарушат архитектурния облик и хигиената на обекта. <b>Мерки за третиране:</b> Изпълняват се локални ремонти и дългосрочен мониторинг (следене) на нарушението. Срочни ремонтни мерки се изпълняват ,само когато забележката крие риск за живота или здравето на персонала.

Във връзка с установените механизмите на стареене са утвърдени и следните критерии за приемливост, описани в Инструкцията за мониторинг на състоянието на защитните черупки на блокове 5 и 6 на АЕЦ "Козлодуй" и в Инструкцията за управление на ресурса на строителните обекти на АЕЦ "Козлодуй", със съответни конкретни стойности:

- При измерване на средното усилие в напрегателните снопове се спазва документ "US NRC Regulatory guide 1.35 "Inservice inspection of ungrounded tendons in prestressed containments". Установени са критерии за приемливост за

цилиндрични, регулярни и нерегулярни снопове, както и за куполни снопове независимо от положението на им;

- Критерий за приемливост при измерване на дебелина на защитното бетоново покритие и степен на неутрализация/карбонизация на бетона (съгласно БДС CR 12793:2003 „Измерване на дълбочината на карбонизация на втвърден бетон“) е измерената дълбочина на неутрализация/карбонизация, която не трябва да надвишава дебелината на защитното бетоново покритие на армировката;
- Критерий за приемливост при изследване на якост на натиск на бетона е установената средна стойност на якостта на натиск да е равна или по-голяма от проектната марка на бетона, отнесено към стандартните характеристики на бетона от периода на строежа;
- При измерване на съпротивляемост на бетона (съгласно AASHTO Designation: T XXX-08 „Standard Method of Test for. Surface Resistivity Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration“) – измерените стойности на съпротивляемостта на бетона да не са по-малки от определените допустими стойности;
- При геодезично измерване на премествания (слягания) под фундаментите на строителни конструкции се спазват указанията на новия европейски стандарт БДС EN 1997-1:2005/NA:2015 „Еврокод 7: Геотехническо проектиране. Част 1: Основни правила“. Въз основа на това, при геодезично измерване на деформации на строителната конструкция на реакторно отделение на 5 и 6 блок (херметична конструкция) се съблюдават следните критични (максимално допустими) стойности за преместванията: максимални, абсолютни и относителни деформации – не по-големи от допустимите;
- При измерване на електропотенциала на армировъчната стомана (съгласно ASTM C876-91/1999 “Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete“) критерият за приемливост е измереният електропотенциал да е по-висок от допустимата стойност;
- Критерий за приемливост при изследване за степента на развитие на сулфатна корозия на бетона е установената степен на развитие на сулфатна корозия на бетона да е по-малка от определената допустима стойност;
- Критерий за приемливост при изследване за степента на развитие на алкало-силициева реакция на бетона е установената степен на алкало-силициева реакция на бетона от изследваната повърхност да е по-малка от определената допустима стойност.

За всички останали (не споменати по-горе) механизми за стареене критериите за приемливост се определят на базата на експертна оценка по горепосочената Таблица 6.

### **7.1.3. Мониторинг, изпитване, пробоотбор и инспекция на бетонни конструкции**

Извършват се следните дейности по мониторинг, изпитване, пробоотбор и инспекция на бетонни конструкции:

- визуален контрол на защитен бетон на купола на херметичните конструкции и обстройката, честотата на контрола е 1 година;
- визуален контрол на система за отводняване на купола, честотата на контрола е 1 година;
- визуален контрол на анкерните корита на цилиндричните снопове със защитните стоманени капаци и анкерването на напрегателните снопове, честотата на контрола е 3 месеца;
- визуален контрол на цилиндричната част на херметичната конструкция над откритата част, честотата на контрола е 1 година;
- визуален контрол на напрегателните снопове в зоните на утките, честотата на контрола е 3 месеца;
- визуален контрол на видимата част на стоманена обшивка на херметичната конструкция, честотата на контрола е 1 година;
- обектово и лабораторно изследване за измерване и оценка на нивото на карбонизация/неутрализация на бетона – честотата на контрола трябва да бъде веднъж на всеки 10 години;
- инструментален контрол на съпротивляемост/електропроводимост на бетона – честотата на контрола трябва да бъде веднъж на всеки 10 години;
- провеждане на „lift-off” тест на не по-малко от 10% от напрегателните снопове на защитната обложка – честотата на контрола е веднъж на всеки 10 години;
- провеждане на геодезично измерване на диаметралните размери във вътрешността на херметичната конструкция в щатните точки за контрол – извършва се минимум по 1 път на година;
- провеждане на геодезично измерване на абсолютни и относителни деформации (слягания) на фундамента под строителната конструкция на реакторно отделение и херметичната конструкция в щатните точки за контрол – извършва се минимум по 1 път на година;
- измерване на електропотенциал на армировъчната стомана – извършва се по време на специализирани обследвания и/или при установена необходимост;

- провеждат се ежегодни тестове на херметичност по време на планов годишен ремонт в съответствие с Процедура за изпитание на плътност на херметичната конструкция.

По време на специализирани обследвания (и/или при установена необходимост), специализирани звена на АЕЦ „Козлодуй” или външни организации извършват:

- металоконтрол на заваръчни шевове на стоманената облицовка на херметичната конструкция, включващ визуален контрол и контрол с проникващи течности (капилярен контрол);
- металоконтрол на стоманената облицовка на херметичната конструкция, чрез ултразвукова дебелометрия;
- металоконтрол на стоманената облицовка на херметичната конструкция, чрез измерване на твърдост на метала;
- визуален оглед за деформации (издуване) на стоманената облицовка на херметичната конструкция;
- инструментален контрол за заснемане на армировките в характерни сечения и елементи на носещата стоманобетонена конструкция на сградите, определяне дебелината на защитното бетоново покритие и определяне на широчината и дълбочината на евентуални пукнатини в бетона;
- инструментален контрол за определяне на вероятната якост на натиск на бетона чрез изтръгване;
- инструментален контрол за определяне на вероятната якост на натиск на бетона чрез измерване на еластичен отскок;
- обектово и лабораторно изследване за определяне степента на развитие на алкало-силициева реакция (ASR) – Internal Swelling Reaction (ISR);
- обектово и лабораторно изследване за определяне на обемната плътност и якост на натиск на бетона;
- обектово и лабораторно изследване за определяне степента на развитие на сулфатна корозия на бетона (DEF).

#### **7.1.4. Превантивни и коригиращи действия за бетонни конструкции**

Основните критерии, процедури, мерките и дейностите, които трябва да бъдат предприети при установяване необходимост от превантивни и коригиращи действия, са описани в Инструкцията за управление на ресурса на строителните обекти на АЕЦ “Козлодуй”. Превантивните и контролни мерки са класифицирани според своя приоритет по експертна оценка на комисия на цех ”Хидротехнически съоръжения и строителни конструкции”, както следва:

- Първи приоритет (спешни мерки).

Като първо-приоритетни се разглеждат безусловно необходими ремонтни мерки, насочени към отстраняване на дефекти по елементи, които са в “неудовлетворително” състояние;

- Втори приоритет (необходими мерки).

Мерките за третиране на всички дефекти по елементи, които са в “удовлетворително” или “добро” състояние и не попадат в Първи приоритет.

Като мерки от втори приоритет се разглеждат необходими ремонтни и превантивни мерки, чиято реализация не е спешна или е обвързана с определени условия (например – отстраняване на даден дефект, работно проектиране или демонтаж на технологично оборудване). Мерките са насочени към отстраняване на дефекти, които нямат условия да прогресират и затова могат да бъдат изпълнени с известно отлагане, съобразно възможностите за финансиране и организация на ремонтните дейности.

- Трети приоритет (препоръчителни мерки).

Като мерки от трети приоритет са разгледани такива, които не са безусловно необходими, но биха имали положителен ефект върху херметичната конструкция. Мерките са насочени към подобряване състоянието на строителната конструкция и отстраняване на незначителни (козметични) дефекти.

В Инструкцията за управление на ресурса на строителните обекти на АЕЦ “Козлодуй” са допълнени още предписания за превантивни/коригиращи действия за бетонни конструкции, като:

- при извършване на инструментален контрол на съпротивляемост/електропроводимост на бетона:
  - В случай на измерена съпротивляемост на бетона по-висока от определената в инструкцията – не се налагат никакви превантивни/коригиращи действия;
  - В случай на измерена съпротивляемост на бетона под определената в инструкцията – наложително е да бъде разгледан и обсъден вариант за увеличаване на честотата на извършвания контрол във въпросните зони и да има готовност (при установена нужда) да се пристъпи към разработване на специална технология и извършване на саниращи и рехабилитационни мероприятия във въпросните зони;
- при извършване на изследване за степента на развитие на сулфатна корозия на бетона:
  - В случай на установена степен на развитие на сулфатна корозия на бетона в определените допустими граници, регламентирани в

- инструкцията – не се налагат никакви превантивни/коригиращи действия;
- В случай на установена степен на развитие на сулфатна корозия на бетона над определените допустими граници – наложително е да бъде разгледан и обсъден вариант за увеличаване на честотата на извършвания контрол във въпросните зони и да има готовност (при установена нужда) да се пристъпи към разработване на специална технология и извършване на саниращи и рехабилитационни мероприятия във въпросните зони.
  - при извършване на изследване за степента на развитие на алкало-силициева реакция на бетона:
    - В случай на установена степен на алкало-силициева реакция на бетона в определените, регламентирани в инструкцията, допустими граници, от изследваната повърхност – не се налагат никакви превантивни/коригиращи действия;
    - В случай на установена степен на развитие на алкало-силициева реакция на бетона над определените допустими граници от изследваната повърхност – наложително е да бъде разгледан и обсъден вариант за увеличаване на честотата на извършвания контрол във въпросните зони и да има готовност (при установена нужда) да се пристъпи към разработване на специална технология и извършване на саниращи и рехабилитационни мероприятия във въпросните зони;
  - при извършване на инструментален контрол за измерване на електропотенциал на армировъчната стомана:
    - В случай на измерен електропотенциал по-висок или равен на определена максимална допустима стойност – не се налагат никакви превантивни/ коригиращи действия;
    - В случай на измерен електропотенциал в определен интервал (между минимална и максимална допустима стойност) – наложително е да бъде разгледан и обсъден вариант за увеличаване на честотата (поне 2 пъти по-често) на извършвания контрол във въпросните зони;
    - В случай на измерен електропотенциал по-нисък от минималната допустима стойност – наложително е да бъде разгледан и обсъден вариант за прилагане на други (по-точни) методи за инструментален контрол във въпросните зони за потвърждаване (или не) на негативните резултати. Въз основа на това трябва да има готовност

- (при установена нужда) да се пристъпи към разработване на специална технология и извършване на саниращи и рехабилитационни мероприятия във въпросните зони;
- при извършване на обектово и лабораторно изследване за измерване и оценка на дебелина на бетоново покритие на херметичната конструкция – при измерена дебелина на бетоново покритие под определена допустима стойност, е наложително е да бъдат разгледани и обсъдени варианти за засилване на интензивността на контрол във въпросните зони;
  - при извършване на обектово и лабораторно изследване за измерване и оценка на нивото на карбонизация/неутрализация на бетона – при установена дълбочина на карбонизация над определена допустима стойност е наложително да бъде разгледан и обсъден вариант за увеличаване на честотата на извършвания контрол във въпросните зони и/или разработване на специална технология и извършване на саниращи и рехабилитационни мероприятия във въпросните зони;
  - при провеждане на „lift-off” тестове:
    - В случай на измерени напрегателни сили в напрегателен сноп по-ниски от: по-малко от определената сила за цилиндрични регулярни снопове; по-малко от определената сила за цилиндрични нерегулярни снопове; по-малко от определената сила за куполни снопове – налага се да бъде извършено донапрягане на съответния сноп до контролируемо напрегащо усилие;
    - В случай на измерени по-високи сили от указаните – не се налагат никакви превантивни/коригиращи действия. Загубите от напрегателните усилия не са линейни и се изчисляват за всеки конкретен момент. Изчислението на предвидимите последващите загуби от съсъхване и пълзене на бетона и релаксацията на армировката се изчисляват като функция на изменение с логаритъм от времето.

При достигане на средното напрегателно усилие в сноп до експлоатационния лимит съгласно Регламента за експлоатация, се извършва донапрягане на съответните снопове.

При отпадане на снопове, задължително се съставя програма за възстановяване на снопа и при възможност същата се изпълнява по време на най-близкия планов годишен ремонт. Определените количества за изготвяне на сноповете – въжета за снопове, закотвящи устройства, анкерни устройства, както и цялата техника (манометри кранове, крикове, помпени станции и др.) е налична на склад в „АЕЦ Козлодуй”. Съгласно Отчета за анализ на

безопасността и инструкцията за мониторинг на състоянието на херметичните конструкции на блокове 5 и 6 на "АЕЦ Козлодуй" ЕАД" е установен т.нар. „експлоатационен предел“ при контрол за отпаднали напрегателни снопове за блокове 5 и 6. При достигане на експлоатационния предел (поради поддаване на анкерните детайли или скъсване на въжета) елементите се възстановяват, като дейностите се извършват през най-близкия планов годишен ремонт на съответния блок.

## **7.2.Опит на лицензианта в прилагането на програмата за управление на стареенето за бетонни конструкции**

В резултат на периодично извършваните визуални огледи и наблюдения на 5 и 6 блок през 2008 г. и 2009 г., в АЕЦ "Козлодуй" е установена необходимост от ремонт на стоманени конструкции на горните коти на реакторно отделение, блок 5 и блок 6, в изпълнение на което са извършени съответните ремонти през 2008, 2009 и 2010 години. Извършените ремонти на горните коти (реакторно отделение, блок 5 и блок 6) включват: ремонт и подмяна на стоманени метални конструкции; метално стълбище; опорни блокове на куполни снопове; опорите на вентилационната тръба; пясъкоструене и нанасяне на антикорозионно покритие; демонтаж и монтаж на ламарина LT 55; демонтаж и монтаж на поцинкована ламарина; доставка и монтаж на демонтируеми скари, горещо поцинковани, с размер на мрежата 33,3x33,3, с укрепващи елементи и окончателно боядисване на металните конструкции.

В резултат от проведеното през 2012 г. комплексно обследване на фактическото състояние и оценка на остатъчния ресурс на сгради и съоръжения на блок 5 и блок 6 на АЕЦ "Козлодуй" е указана необходимостта от своевременно саниране и подържане на хидроизолацията на защитния бетон на купола и отводняванията на реакторно отделение на блок 5 и блок 6 в добро техническо състояние. Необходимите ремонти по хидроизолацията на защитния бетон на купола и отводняванията на реакторно отделение на блок 5 и блок 6 са извършени през 2013 г.

През 2015 г. и 2016 г. в АЕЦ "Козлодуй" е извършено специализирано обследване и анализ за потвърждаване на предварителния остатъчен ресурс на защитната херметична конструкция и на системата за предварително налягане на 5 и 6 блок във връзка с II-ри етап от Проект за продължаване срока на експлоатация на 5 и 6 блок. В обследването е включен анализ от извършен контрол на действителните сили на налягане в напрегателните снопове на херметичните конструкции на пети и шести енергоблок, изпълнен през 2015 година от екип на Институт по металознание при Българската академия на науките. Извършено е измерване на действителните напрегателни сили по метода с отлепяне на опорните гайки (lift-off test). Спазени са изискванията на американските нормативни документи:



NRC RG 1.35– “Inservice inspection of ungrouted tendons in prestressed concrete containments”, NRC RG 1.35.1– “Determining prestressing forces for inservice inspection of prestressed concrete containments”. Извършени са lift-off тестове с отлепяне на опорни гайки и при измерванията се контролират усилията в краищата на кабелите при закотвящите устройства. Контролирани са усилията в общо 28 напрегателни снопа – 22 в цилиндричната част и 6 в купола на 5-ти блок. За 6-ти блок са контролирани усилията в 29 снопа – 23 в цилиндричната част и 6 в купола. Съгласно NRC RG 1.35.1 са дефинирани долна и горна граница на напрегателните сили в сноповете и, на база резултатите от настоящите и предни изпитвания, са определени зависимости за бъдещи периоди. Констатирана е незначителна разлика между средната стойност на усилията в измерваните снопове и данните от автоматизираната система за автоматичен контрол на напрегащите сили в сноповете за същия период – разлика 0,3%.

Получените резултати от специализираното обследване за 5 блок показват, че за част от контролираните зони на стоманобетонните елементи е измерена съпротивляемост на бетона, по-ниска от определената, което е индикатор за съществуване на потенциална вероятност от развитие на корозионни процеси в армировъчните стомани в тези зони. В резултат на препоръките е коригирана Инструкцията за управление на ресурса на строителните обекти на АЕЦ “Козлодуй”.

Специализираното обследване за удължаване ресурса на 5-ти и 6-ти блок дава оценка на актуалното състояние на строителната конструкция на херметичната конструкция, обстройката и фундаментен блок, базирана на резултатите от проведеното обследване за определяне на фактическото състояние на системата за предварително налягане на херметичните конструкции, действителните характеристики на бетона, действителните якостни характеристики на стоманата на обшивката на херметичните конструкции, резултатите от допълнителните визуални проверки и анализ на експлоатационната и ремонтната документация.

Определено е фактическото техническо състояние чрез провеждане на контролни статични и динамични анализи, в това число и комбинации от въздействието на проектна авария и сеизмично въздействие от ниво RLE. При изпълнението на дейностите по оценка на актуалното състояние на строителните конструкции на херметичните конструкции, обстройката и фундаментен блок, и анализа и интерпретацията на резултатите са отчетени всички изводи от комплексното обследване, изпълнено на Етап 1.

### **7.3. Оценка и заключения на регулатора относно управлението на стареенето на бетонни конструкции**

В процеса на изпълнение на Проекта за продължаване срока на експлоатация на блок 5 е извършен регулаторен преглед на оценките на стареенето на стоманобетонните

конструкции и на отчетните документи от изпълнените мерки. По-съществените от тях включват:

- потвърждаване на предварителния остатъчен ресурс на херметичната конструкция и обстройката;
- потвърждаване на остатъчния ресурс на системата за предварително налягане;
- определяне на действителните сили на налягане в сноповете.

В процеса на преглед на документите, АЯР възложи външни независими експертизи за оценка на изпълнението на отделни мерки, включително отнасящи се до строителни конструкции (херметична конструкция, обстройка и вентилационна тръба, бризгални басейни). Извършените външни оценки потвърждават направените от лицензианта заключения от проведеното обследване, извършените изпитания и анализи. Резултатите от тези дейности демонстрират възможността за безопасна експлоатация на строителните конструкции за допълнителния срок на експлоатация.

Агенцията за ядрено регулиране извършва периодични проверки, свързани с управлението на стареенето на стоманобетонни конструкции, като заключенията от извършените проверки са положителни и сочат, че съответните строителни конструкции се намират в стабилно състояние и отговарят на проектните изисквания, и се извършват необходимите дейности за тяхното периодично наблюдение, обследване и поддържане.

Въз основа на това може да се потвърди, че съществуващата към момента в АЕЦ „Козлодуй” практика за управление на стареенето на бетонни конструкции (включително: програми, инструкции, графици и др.) е ефективна и в съответствие със съществуващите нормативни изисквания и стандартите на МААЕ.

## **8. КОРПУСИ НА РЕАКТОРИ ОТ ПРЕДВАРИТЕЛНО НАПРЕГНАТ БЕТОН (AGR)**

Няма отношение.

АЕЦ „Козлодуй” експлоатира реактори от типа ВВЕР-1000 по руски дизайн, който е тип PWR по западната терминология.

## **9. ОБЩА ОЦЕНКА И ОСНОВНИ ЗАКЛЮЧЕНИЯ**

В настоящия доклад е представена информация за съществуващата национална регулаторна рамка в областта на управление на стареенето. Описани са основните нормативни документи, взаимовръзките между тях, както и съдържащите се в тях изисквания по отношение на дейностите, свързани с процеса на управление на стареенето на

КСК в обхвата на Доклада. Законът за безопасно използване на ядрената енергия и наредбите за неговото прилагане определят националната рамка за държавно регулиране на дейностите в областта на използването на ядрената енергия.

В края на 2016 година е приета изцяло обновената Наредба за осигуряване безопасността на ядрените централи. Въведени са концептуално нови изисквания за безопасност на съвременните ядрени централи. Отчетени са публикуваните от WENRA цели на безопасност на проектите на нови ядрени централи, актуализираните след аварията в АЕЦ „Фукушима“ референтни нива за хармонизиране безопасността на действащите ядрени централи, касаещи процеса на управление на стареенето (Issue I: Ageing management), както и най-новите стандарти по безопасност на МААЕ в тази област. Взети са под внимание и последните редакции на стандартите на МААЕ, имащи отношение към темата на Доклада, като: IAEA, Periodic Safety Review for Nuclear Power Plants, No. SSG-25, 2013; IAEA, Safety Classification of Structures, Systems and Components in Nuclear Power Plants, No. SSG-30, 2014 и други.

Допълнителни указания по прилагането на изискванията на наредбата са определени в ръководствата за извършване на периодичен преглед на безопасността на ядрени централи и за безопасна експлоатация на АЕЦ.

Контролните си функции по отношение на дейностите за управление на стареенето на КСК, АЯР изпълнява чрез: извършване на преглед и оценка на документи, приложени към заявленията за издаване на лицензия за експлоатация на блоковете; преглед на периодично представяна информация в изпълнение на лицензионни условия; преглед, анализ и оценка на модификации на КСК и издаване на разрешения за реализирането им; извършване на планирани и извънредни инспекции в съответствие с дългосрочна програма и годишен инспекционен план.

В АЕЦ „Козлодуй“ се прилага обща „Програма за управление на ресурса на 5 и 6 енергоблок“ (ПРОГРАМАТА). Чрез нея се въвежда интегриран подход за наблюдение, идентифициране, документиране и анализиране на стареенето на КСК, с цел да се определят всички механизми на стареене, възможните последици от процесите и възможните мерки за възстановяване на тяхната работоспособност. В ПРОГРАМАТА са определени дейностите по техническо обслужване и ремонт, безразрушителен металоконтрол, модификации, изпитвания и квалификация на КСК. На базата на определени в ПРОГРАМАТА критерии, са избрани КСК, за които се контролира и оценява стареенето. Извършва се оценка на ефективността на отделните дейности и специфични програми, свързани с управление на стареенето. С цел контрол и смекчаване на ефектите на стареенето, в рамките на общата ПРОГРАМА се прилагат програми за управление на стареенето на несменяеми и трудно сменяеми КСК, които се разглеждат в съответните раздели на Доклада.

ПРОГРАМАТА, като част от Системата за управление на „АЕЦ Козлодуй“ ЕАД, подлежи на преглед и актуализация. Отчитайки опита и добрите международни практики, ПРОГРАМАТА е претърпяла развитие, като по-важните промени са свързани с подобрения на съществуващите, както и разработване на нови специфични програми за управление на стареенето за следните КСК:

- квалифицирано оборудване;
- вкопани тръбопроводи от система техническа вода;
- кабели, важни за безопасността, в допълнение към обхвата на квалифицираните кабели;
- хидроамортизъри от системите, важни за безопасността.

Отчитайки представената в настоящия Доклад информация, както по отношение на дейностите на лицензианта, свързани с процеса на управление на стареенето, така и на извършвания регулаторен контрол, могат да бъдат направени следните основни изводи и обобщения:

- Като цяло, съществуващите обща ПРОГРАМА и специфични програми за управление на стареенето съответстват на нормативните изисквания и отчитат стандартите по безопасност на МААЕ;
- Определени са взаимовръзките между програмите, дейностите и отговорностите по контрол, мониторинг и минимизиране на ефектите на деградация на КСК, включени в обхвата на ПРОГРАМАТА;
- Чрез изпълнение на ПРОГРАМАТА се постига заложената в нея основна цел да се гарантира, че основните механизми на стареенето и ефектите от тях ще бъдат установени и редуцирани за обезпечаване на безопасна и надеждна експлоатация.

В резултат от извършената самооценка в рамките на Доклада, могат да бъдат идентифицирани следните потенциално добри практики и области за подобрение:

- Като добра практика в управление на процеса на стареенето, може да се отчете изготвянето на допълнителни специализирани програми за експлоатационен контрол на КСК, които разширяват обхвата на съществуващата Инструкция за експлоатационен контрол на оборудване и тръбопроводи. Същата инструкция се ревизира с оглед на разширяване на обхвата, периодичността и методите на експлоатационен контрол, отчитайки получени данни от вътрешен експлоатационен опит, международни практики и дейностите по проекта за продължаване срока на експлоатация;
- Като потенциално добра практика може да бъде посочено използването на неконвенционален метод за извършване на диагностичен контрол на вкопаните

тръбопроводи като безконтактна магнитометрическа диагностика. Използването на подобен метод дава допълнителна информация за зоните с концентрация на напрежения. Наличието на подобни напрежения би могло да бъде интерпретирано като признак за корозия, нарушения в изолацията на вкопаните тръбопроводи или намиращи се в близост електрически кабели или металните предмети, попаднали по време на полагане на тръбопроводите;

- По отношение на идентифицирането на дейности, свързани с процеса на управлението на стареенето на корпуса на реактора и оказващи положителен ефект върху ресурса му, може да бъде посочено прилагането на нискоутечкова схема на зареждане на активната зона. Това в значителна степен намалява негативното влияние на неутронният поток (неутронен флуенс) върху метала на корпуса на реактора;
- Започнатите дейности, включени в програмата за изследване и анализ на образци-свидетели на корпуса на реакторите, по усъвършенстване на образци-свидетели чрез поетапно модернизиране на съществуващите сборки с образци-свидетели и поставяне на нови, ще обезпечи възможност за изследване и анализиране на материала от корпусите за периода на дългосрочната експлоатация;
- Установената регулаторна рамка, като цяло, съответства на възприетия подход на МААЕ и WENRA по отношение на процесите за управление на стареенето. Изисквания са установени в съответните нормативни документи. За улесняване на лицензианта и с оглед на по-пълното разбиране и изпълнение на изискванията на нормативните документи, следва да се разгледа възможността за разработване на регулаторно ръководство за управление на стареенето. Целта на подобно ръководство е да даде по-детайлни указания и насоки за прилагане на изискванията на съществуващите и изменени нормативни документи;
- Отчитайки комплексният характер на дейностите, свързани с управление на стареенето и мащабите на проекта за продължаване срока на експлоатация на блоковете, следва да се преразгледат процесите, на база на които се изготвя дългосрочната инспекционна програма на АЯР. Целта следва да бъде оптимизиране обхвата на програмата по отношение на тип КСК и периодичността на инспекциите, като това ще доведе до повишаване на ефективността на извършваните инспекции.

Във връзка с продължаване срока на експлоатация на блокове 5 и 6, е иницирано и провеждането на мисия SALTO на МААЕ. През 2016 г., на блок 5 се проведе предварителна

мисия Pre-SALTO. Следва да се отбележи, че предварителната проверка бе проведена преди завършване на всички дейности, касаещи продължаване срока на експлоатация на блок 5. В обхвата на проверката е включен и преглед на програмите и дейностите, свързани с управление на стареенето на КСК, предмет на настоящия Доклад. На блок 6 предварителната проверка ще се проведе през 2018 г. Основната проверка SALTO се планира за 2020 г.

Основните резултати от проведената Pre-SALTO мисия показват, че подходът, възприет от централата и извършваните дейности във връзка с продължаване срока на експлоатация и управлението на стареенето, като цяло следват стандартите по безопасност на МААЕ и приетите международни практики. Положително е оценен и извършваният от АЕЦ „Козлодуй“ контрол на вибрационното състояние на въртящи се механизми, включително и тези, нямащи отношение към безопасността. Подобен контрол дава възможност за извършване на изчерпателен анализ на отклоненията, даващ възможност за прогнозиране на евентуалното време на отказ, оценяване на нивото на надеждност и планиране на ремонтни дейности.

Разгледани са пет области от стандартния обхват на мисията и са направени шест препоръки и пет предложения, свързани главно с подобряване на координацията между отделните програми и актуализиране на обхвата на част от КСК, обект на специфичните програми за управление на стареенето.

Резюме на доклада от мисията е достъпно на интернет страницата на МААЕ.

От представената в настоящия доклад информация е видно, че през последните осем години огромно влияние върху дейностите, свързани с управление на стареенето, оказва изпълнението на проекта за продължаване срока на експлоатация на блоковете. Резултатите от извършеното обследване на ресурса на критичното оборудване, което има определящо влияние върху срока на експлоатация на блоковете, потвърждават ефективността на прилагания от АЕЦ „Козлодуй“ подход при управление на стареенето.

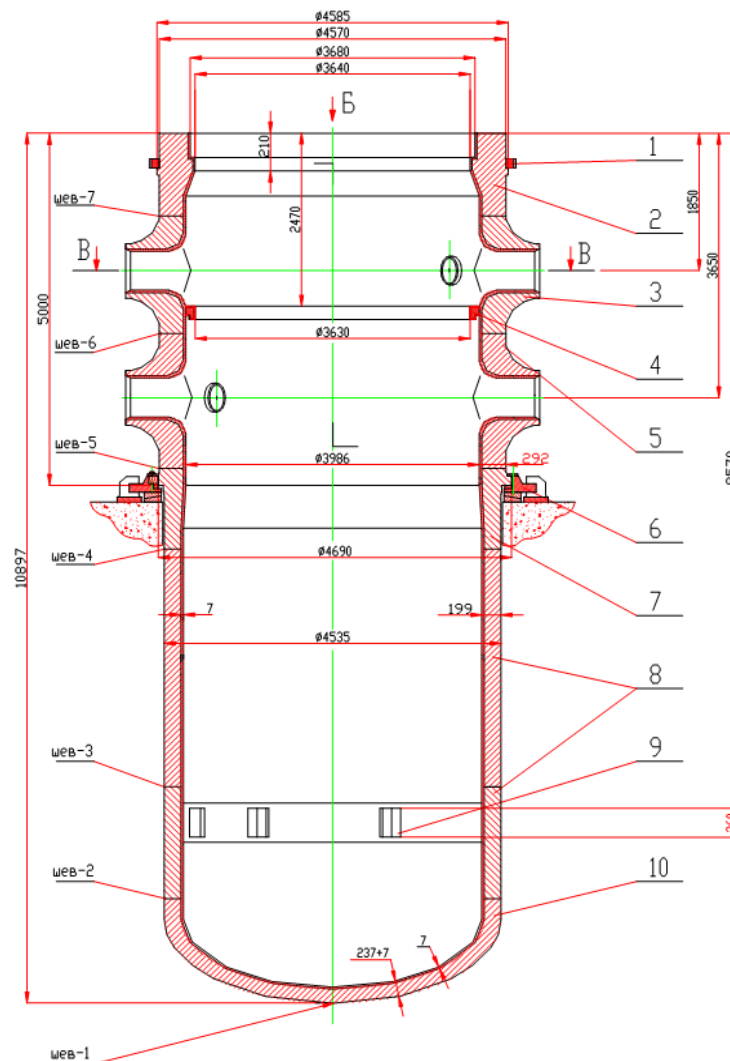
## СПИСЪК НА СЪКРАЩЕНИЯТА

DEF	Delayed Ettringite Formation - Вътрешна сулфатна корозия на бетона
HELVB	High Energy Line Break - Скъсване на високо енергиен тръбопровод
IAEA	International Atomic Energy Agency - Международна агенция за атомна енергия
IGALL	International Generic Ageing Learned Lessons - Управление на стареенето на атомни електроцентрали: Международен опит относно общи проблеми на стареенето
INSAG	Международен консултативен съвет по безопасност – International Safety Advisory Group
ISR	Internal Swelling Reactions (in concrete)
LOCA	Loss of coolant accident - Авария със загуба на топлоносител
MILD	Благоприятни (нормални) условия на експлоатация
Pre-SALTO	Pre-Safety Aspects of Long Term Operation ( Предварителен преглед на Аспекти на безопасността по отношение на дългосрочната експлоатация)
SALTO	Safety Aspects of Long Term Operation (Аспекти на безопасността по отношение на дългосрочната експлоатация)
SSSL	Safety Shutdown System List - Списък на системите за безопасно спиране на реактора
TCAA	Time Limited Ageing Analysis - Количествени оценки на остатъчния ресурс
WANO	World Association of Nuclear Operators - Световна асоциация на ядрените оператори
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association – Асоциация на западноевропейските ядрени регулатори
АЕЦ	Атомна електрическа централа
АЯР	Агенция за ядрено регулиране
БАН	Българска академия на науките
БДС	Български държавен стандарт
ВВЕР	Водоводен енергиен реактор
ЕАД	Еднолично акционерно дружество
ЗБИЯЕ	Закон за безопасно използване на ядрената енергия
КИПиА	Контролно измервателни прибори и апаратура
КСК	Конструкции, системи и компоненти

МААЕ	Международна агенция за атомна енергия
ОК(С)-ИЦ Дик	Орган за контрол от вида С - Изпитвателен център "Диагностика и контрол"
ПРОГРАМАТА	Програма за управление на ресурса
СКУ	Системи за контрол и управление



Схема на корпуса на реактора на ВВЕР – 1000/В320



1. Фиксиращ опорен пръстен; 2. Фланец на корпуса; 3. Пръстен с щуцери – горен;  
 4. Разделител на потока; 5. Пръстен с щуцери – долен; 6. Носещ опорен пръстен;  
 7. Цилиндър с носещ илиц; 8. Цилиндрични тела; 9. Направляващи за шахтата; 10. Елиптично дъно

**Габаритни размери:**

- височина	10897 mm
- външен диаметър по фланеца	4570 mm.
- външен диаметър по цилиндричната част	4535 mm
- външен диаметър в сечението на щуцери Ду850	5260 mm
- маса	329 t.

Ролята на топлоносител и забавител в реактора изпълнява химически обезсолена вода, с разтворена в нея борна киселина, концентрацията на която се променя в процеса на експлоатация в граници  $16 \pm 0$  g/kg. Теплоносителят се подава принудително (чрез Главни

циркуляционни помпи) в реактора през четирите входни щуцера (позиция 5) в корпуса на реактора, спуска се по околоръстната хлабина между корпуса и шахтата, минава през перфорираното елиптично дъно на шахтата и през отворите в опорите на касетите постъпва в активната зона, движейки се нагоре.

При преминаването през касетите топлоносителят се загрява за сметка на топлината, отделена при деленето на ядрата на ядреното гориво и излиза от касетите през перфорираната долна плоча на БЗТ в между-тръбното пространство на БЗТ. След това през перфорирания цилиндър на БЗТ и шахтата топлоносителят попада в кръговата хлабина между шахтата и корпуса на реактора, откъдето излиза през четирите изходни щуцера (позиция 3).

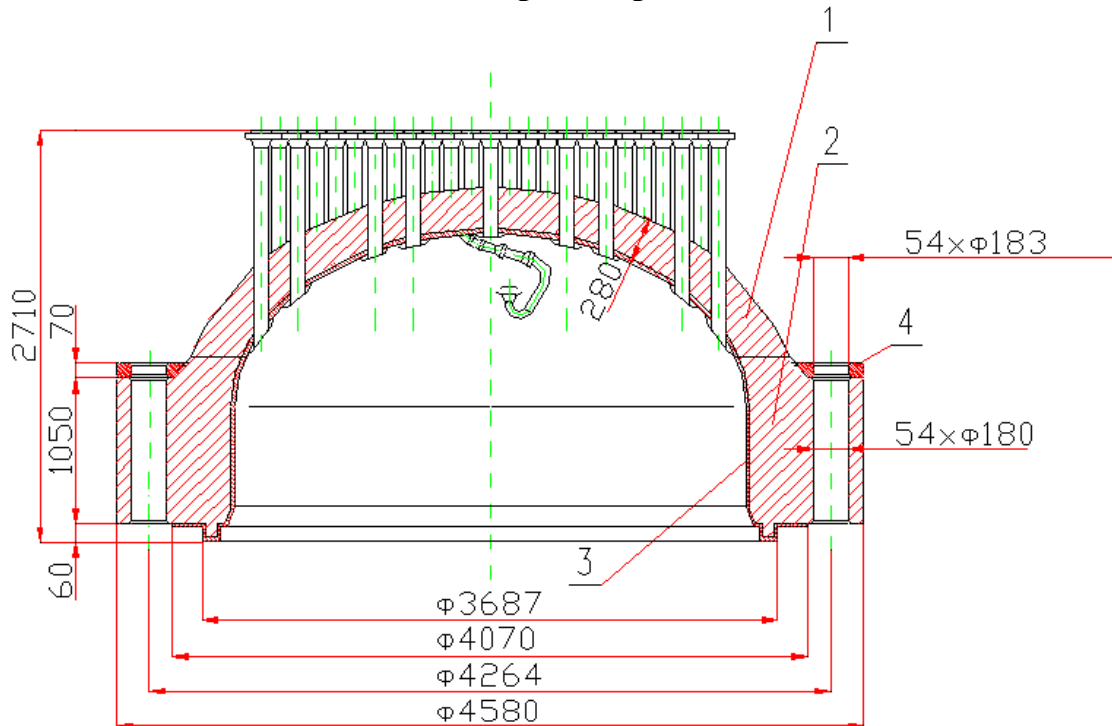
#### **Основни разчетни параметри на КР:**

- Работно налягане, МРа	15,7
- Налягане при хидроизпитания на якост,	МРа 24,5
- Налягане разчетно работно, МРа (кгс/см <sup>2</sup> )	17,6 (180)
- Температура разчетна, °С	350
- Максимална скорост на разгриване, °С/ч	20
- Максимална скорост при разхлаждане, °С/ч	30
- Максимален разчетен флуенс на бързи неутрони с енергия > 0,5 МеВ, неутрон/см <sup>2</sup>	5,7.10 <sup>19</sup>

Якостните характеристики на корпуса на реактора се определят съгласно материалите на основния метал, наплавката и заварените съединения в работните диапазони на температурата и налягането.

Съгласно паспорта на оборудването, материала на основния метал на корпуса на реактора е стомана 15ХНМФА, цилиндричната част срещу активната зона – 15Х2НМФА-А, материал на наплавката – стомана 08Х19Н10Г2Б с дебелина около 7 mm.

## Схема на капака на реактора на ВВЕР – 1000/В320



1. Пресечен елипсоид; 2. Фланец на капака; 3. Анतिकорозионна наплавка; 4. Кръгов сектор

Капакът на реактора влиза в състава на горния блок, и представлява шамповано-заварена конструкция, състояща се от елипсоид и фланец, свързани помежду си чрез заварка, изпълнена по автоматичен способ.

Фланецът е изцяло кован от стомана марка 15Х2НМФА. Върху вътрешната повърхност на фланеца и контактната повърхност на долната челна страна на фланеца е нанесена неръждаема антикорозионна двуслойна наплавка.

Елипсоидът на капака е изпълнен посредством шамповане от плоска заготовка с предварително нанесена антикорозионна двуслойна наплавка. Плоската заготовка на елипсоида е изработена от стомана марка 15Х2НМФА, като преминава през пълна термообработка: закаляване с отвърщане.

Наплавката на фланеца и елипсоида са изпълнени чрез автоматично заваряване под слой от флюс с използване на заваръчна лента марка Св-07Х25Н13 под слой от флюс ОФ-10 (I слой) и Св-08Х19Н10Г2Б (II слой) под слой от флюс ОФ-10, като е изпълнена по цялата повърхност с изключение на зоната, граничеща непосредствено с мястото на оформяне на заварено съединение на елипсоид и фланец. След изпълнението на този заваръчен шев, на неговата вътрешна повърхност е нанесена антикорозионна наплавка със същите материали, използвани на посочените детайли от капака. Общата номинална дебелина на наплавката е 8 mm.

Върху елипсоида на капака има 92 отвора, в които са монтирани щуцерите на система за управление и защита, температурен контрол, канал за неутронни измервания и щуцера за въздушника. Щуцерите са заварени към капака със здрави и плътни заваръчни шевове чрез преходна наплавка, изпълнена в долната част на отворите. Вътрешната повърхност на щуцерите на система за управление и защита, температурен контрол и канал за неутронни измервания са защитени с ризите, изпълнени от хром-никелова стомана аустенитен клас 08X18H10T. Предвиден е монтаж на два уплътнителни пръстена на фланците на щуцерите. От кухината между тях се извеждат тръбичките за контрол на плътността на разъомите на щуцерите. Във фланеца на капака са изпълнени 54 отвора с диаметър 180 mm за шпилките на главния разъм на реактора.

**Габаритни размери на капака:**

- Външен диаметър по фланеца на капака – 4580 mm;
- стъпка между щуцерите – 236 mm.