

**РЪКОВОДСТВА
ЗА БЕЗОПАСНОСТ**
*ПО ПРИЛАГАНЕ НА
НОРМАТИВНИТЕ ИЗИСКВАНИЯ*



РЪКОВОДСТВО



**УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО НА КОНСТРУКЦИИ, СИСТЕМИ
И КОМПОНЕНТИ НА ЯДРЕНИ ЦЕНТРАЛИ**

РР-20/2018



**АГЕНЦИЯ ЗА ЯДРЕНО РЕГУЛИРАНЕ
BULGARIAN NUCLEAR REGULATORY AGENCY**



СЪДЪРЖАНИЕ

1	ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ	3
	ЦЕЛ	3
	ОБХВАТ	3
	ЗАКОНОВИ ОСНОВАНИЯ ЗА РАЗРАБОТВАНЕ	3
2	ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ НА УПРАВЛЕНИЕТО НА СТАРЕЕНЕТО НА КСК	4
	УПРАВЛЕНИЕ НА ФИЗИЧЕСКОТО СТАРЕЕНЕ	4
	УПРАВЛЕНИЕ НА МОРАЛНОТО СТАРЕЕНЕ	7
	ПРОГРАМА ЗА ПРОДЪЛЖАВАНЕ НА СРОКА НА ЕКСПЛОАТАЦИЯ.....	7
3	УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО НА ЕТАП ПРОЕКТИРАНЕ, ПРОИЗВОДСТВО И ВЪВЕЖДАНЕ В ЕКСПЛОАТАЦИЯ	8
	ПРОЕКТИРАНЕ	8
	ПРОИЗВОДСТВО И ИЗГРАЖДАНЕ	9
	ВЪВЕЖДАНЕ В ЕКСПЛОАТАЦИЯ.....	10
4	УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯ.....	10
	СИСТЕМАТИЧЕН ПОДХОД, ОРГАНИЗАЦИОННА СТРУКТУРА, ПРОГРАМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО.....	10
	СТЕПЕНУВАН ПОДХОД ПРИ ОПРЕДЕЛЯНЕТО НА КСК, КОИТО СА ОБЕКТ НА КОНТРОЛ ПО ПРОГРАМАТА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО	11
	МОНИТОРИНГ	11
	ИДЕНТИФИЦИРАНЕ	12
	ДЕТЕРМИНИСТИЧЕН АНАЛИЗ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОСТАТЪЧНИЯ РЕСУРС	12
	КОРИГИРАЩИ МЕРКИ И КОМПЕНСИРАЩИ МЕРОПРИЯТИЯ.....	13
	ДОКУМЕНТИРАНЕ.....	14
	СЪХРАНЕНИЕ НА ИНФОРМАЦИЯТА.....	15
	ВРЪЗКА НА ПРОГРАМАТА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО С ДРУГИ ДОКУМЕНТИ, ОБОСНОВАВАЩИ БЕЗОПАСНОСТТА.....	15
	УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО ВЪВ ВРЪЗКА С ПРОДЪЛЖАВАНЕ НА СРОКА НА ЕКСПЛОАТАЦИЯ	15
5	УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО НА ЕТАП ИЗВЕЖДАНЕ ОТ ЕКСПЛОАТАЦИЯ.....	16
6	УПРАВЛЕНИЕ НА МОРАЛНОТО СТАРЕЕНЕ	17
7	ПРЕПРАТКИ, ИЗПОЛЗВАНИ ДОКУМЕНТИ	18
8	ОПРЕДЕЛЕНИЯ	18
9	ПРИЛОЖЕНИЯ	20
	ПРИЛОЖЕНИЕ 1 ПРИМЕРНО СЪДЪРЖАНИЕ НА ПРОГРАМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО.....	20
	ПРИЛОЖЕНИЕ 2 МЕХАНИЗМИ И ЕФЕКТИ НА СТАРЕЕНЕ И КСК, ЗА КОИТО СА ХАРАКТЕРНИ	21
	ПРИЛОЖЕНИЕ 3 АНАЛИЗИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОСТАТЪЧНИЯ РЕСУРС НА МЕХАНИЧНО ОБОРУДВАНЕ.....	48
	ПРИЛОЖЕНИЕ 4 АНАЛИЗИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОСТАТЪЧНИЯ РЕСУРС НА СТРОИТЕЛНИ КОНСТРУКЦИИ	53



1 ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

ЦЕЛ

1.1 Това ръководство има за цел да даде указания за прилагане на нормативните изисквания по отношение на управлението на стареенето на конструкции, системи и компоненти (КСК) на ядрени централи (ЯЦ), а също така и препоръки към съдържанието на програмата за управление на стареенето и методически указания към изпълнението на детерминистични анализи за определяне на остатъчния ресурс. Ръководството отчита най-добрите международни практики в областта на управлението на стареенето на КСК.

ОБХВАТ

1.2 Ръководството дава указания за прилагане на изискванията за управление на стареенето, съдържащи се в следните нормативни актове:

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

1.3 Ръководството дава указания за разработване, актуализиране и изпълнение на програма за управление на стареенето. Ръководството дава указания за изпълнение на съществуващите регулаторни изисквания без да влиза в противоречие с препоръките на вече съществуващите регулиращи ръководства:

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

1.4 Ръководството засяга управлението на стареенето на всички етапи от жизнения цикъл на ядрен блок – проектиране, изграждане, въвеждане в експлоатация, експлоатация и извеждане от експлоатация.

1.5 Ръководството разглежда предимно физическите процеси на стареене на КСК, но дава и общи насоки, свързани с управлението на моралното стареене. Професионалната подготовка на персонала е извън обхвата на това ръководство.

1.6 Ръководството е ориентирано към управление на стареенето на ядрени централи, но е приложимо и по отношение на останалите ядрени съоръжения.

ЗАКОНОВИ ОСНОВАНИЯ ЗА РАЗРАБОТВАНЕ

1.7 Управлението на стареенето на КСК, важни за безопасността, е съществен фактор при провеждането на периодичния преглед на безопасността (ППБ) на ядрените централи. Провеждането на ППБ е важен елемент в процеса на непрекъснато повишаване на безопасността на ядрените централи, намиращи се в експлоатация. Чл.16, т.3 и чл.20 на Закона за безопасно използване на ядрената енергия [1] пряко обвързват продължаването на срока на действие на лицензиите за експлоатация на ядрените съоръжения с провеждането на оценка на ядрената безопасност и радиационната защита и действителното състояние на ядреното съоръжение, като ограничават този срок на 10 години.

1.8 Наредбата за осигуряване на безопасността на ядрените централи [2] определя както основните изисквания за разработване, прилагане, оценяване и подобряване на програмата за управление на стареенето, така и сроковете за извършване на оценка и последващо обновяване.

1.9 С Ръководството за извършване на периодичен преглед на безопасността на ядрени



централи [4] се дават указания за прилагане на нормативно установените изисквания по отношение извършването на периодичен преглед на всички аспекти на безопасността на енергийните блокове и другите съоръжения, намиращи се на площадката на ядрена централа. Един от факторите на безопасност се отнася до управление на стареенето на КСК.

1.10 С настоящото ръководство се дават указания на експлоатиращата организация за изпълнение на нормативно установените изисквания за ефективно управление на стареенето на КСК, важни за безопасността на ядрени централи, на основание §5 от преходните и заключителните разпоредби на Наредбата за осигуряване на безопасността на ядрените централи [2].

2 ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ НА УПРАВЛЕНИЕТО НА СТАРЕЕНЕТО НА КСК

2.1 В механичното, електротехническото и контролно-измервателното (КИП и А) оборудване, а също в строителните конструкции протичат физически процеси на стареене, като механизмите на тези процеси са обусловени от условията на експлоатация. Измененията, които настъпват в КСК, водят до понижаване на проектните запаси и могат да доведат до неизпълнение на заложените в проекта функции. Тези изменения са известни като физическо стареене.

2.2 Нефизическото или моралното стареене на КСК настъпва вследствие на развитието на знанията и технологиите, промените в нормативната база, нормите и стандартите за проектиране и на промяната на пазара на производителите на оборудване.

2.3 Необходимо е експлоатиращата организация да управлява физическото и моралното стареене посредством прогнозиране и изпълнение на превантивни мерки.

2.4 Управлението на стареенето е комплексен подход, прилаган от експлоатиращата организация, който се основава на организационни и технически мерки.

2.5 Особено внимание следва да се отделя на КСК, важни за безопасността, и на тези, които не могат да бъдат заменени или замяната на които е икономически необоснована.

УПРАВЛЕНИЕ НА ФИЗИЧЕСКОТО СТАРЕЕНЕ

2.6 Ефективното управление на физическото стареене през жизнения цикъл на КСК изисква прилагане на систематичен подход. Целта следва да бъде координиране на всички дейности, отнасящи се до разбиране, предотвратяване, откриване, следене и смекчаване на ефектите на физическо стареене на КСК. Систематичният подход е илюстриран на Фигура 1 и представлява адаптация на цикъла на Деминг „Планиране-Изпълнение-Проверка-Действие“ към управлението на физическото стареене на КСК.

2.7 Управлението на стареенето обхваща дейностите по проектиране, експлоатация и поддръжка, които следва да предотвратят или забавят стареенето на КСК в рамките на допустимите граници. Управлението на стареенето е интердисциплинарна дейност, която включва инженеринг, поддръжка, квалификация на оборудването, технически контрол и други дейности.

2.8 Управлението на стареенето обхваща всички дейности, насочени към предотвратяване или контрол на ефектите на стареене в рамките на допустимите граници по време на целия жизнен цикъл на ядрената централа.

2.9 Където е възможно, физическото стареене следва да се ограничава (вместо да се ограничават последствията от него) чрез използване на подходящи материали,



оптимизиране на условията на експлоатация и др.

2.10 Стареенето на КСК увеличава вероятността за откази по обща причина, водещи до деградация на две или повече физически бариери или резервирани КСК, което би могло да доведе до компрометиране на едно или повече нива на защита, предвидени от концепцията за защита в дълбочина. Предвид на това при определяне на КСК, които са в обхвата на програмата за управление на стареенето, не следва да бъде отчитана резервираността на КСК.

2.11 Съществуващите програми за поддръжка, квалификация на оборудването, технически контрол в процеса на експлоатация и други са част от процеса на управление на стареенето и когато е необходимо се актуализират или се разработват нови.

2.12 Ефектите на стареене и механизмите на деградация се определят за конкретни КСК, докато програмите за управление на стареенето на конкретните КСК могат да бъдат включени в обхвата на обща програма за управление на стареенето.

2.13 Разбирането на физическото стареене (Фигура 1) е определящо за неговото ефективно управление и се базира на знания за:

- Приложимите регулаторни изисквания (наредби, норми и стандарти);
- Проектните основи и изпълняваните функции на безопасност от КСК;
- Особеностите на проекта, процесите на производство на КСК, изграждане и експлоатация на ЯЦ;
- Квалификацията на оборудването;
- Опитът от експлоатацията на други ядрени централи;
- Приложими резултати от проведени проучвания и изследвания.

2.14 Дейностите ПЛАНИРАНЕ (Фигура 1) обхващат координиране, интегриране и актуализиране на съществуващи програми и дейности и разработване на нови програми, ако е необходимо.

2.15 Дейностите ИЗПЪЛНЕНИЕ (Фигура 1) включват превантивни мерки за смекчаване на очакваните ефекти на стареене на КСК чрез разработването на специфични експлоатационни процедури, програми за водохимичен режим, програма за следене на експлоатационните условия и други своевременно.

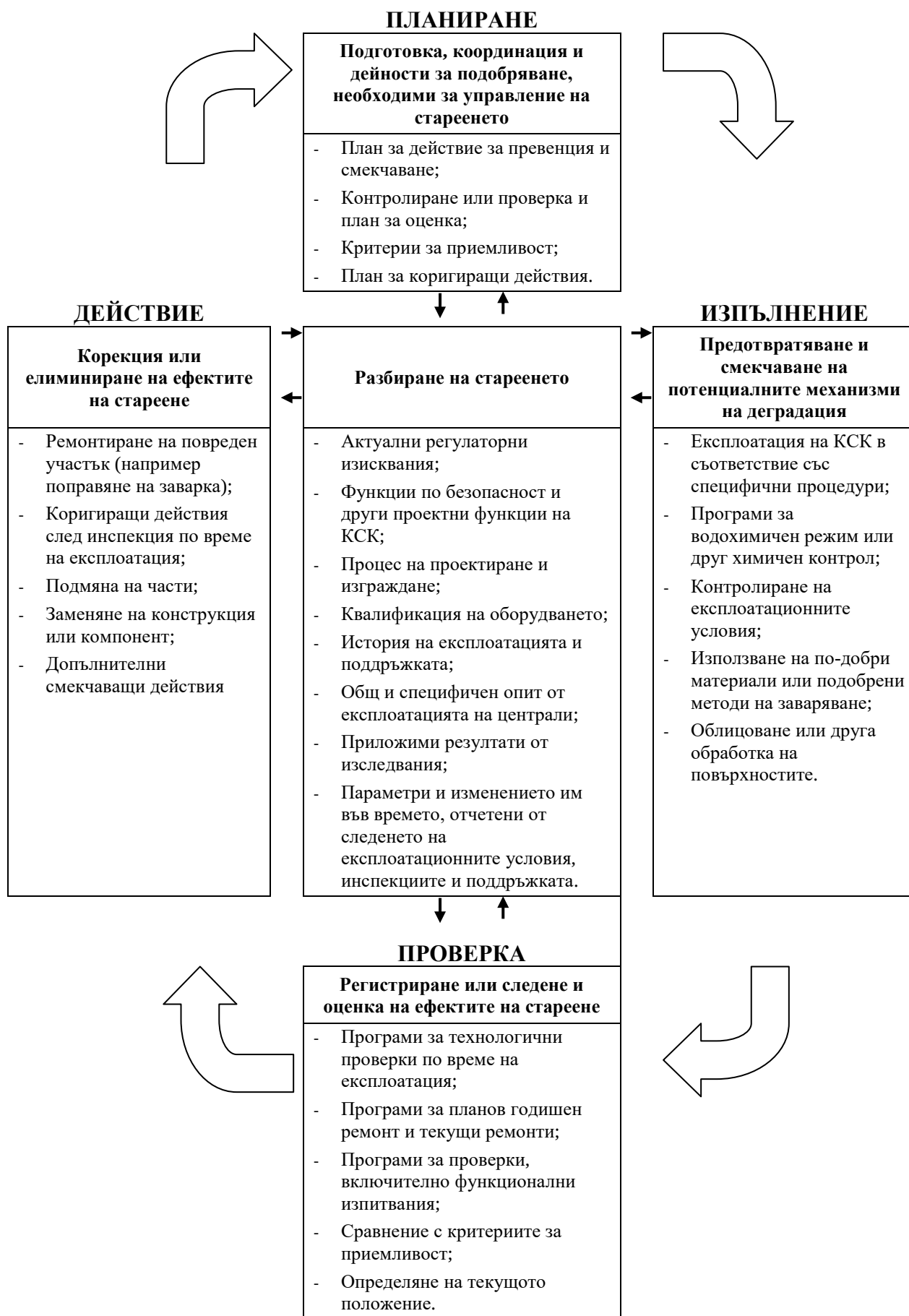
2.16 Дейностите ПРОВЕРКА (Фигура 1) включват навременно откриване и охарактеризиране на значимите ефекти на стареенето чрез огледи и следене на КСК. Оценка на следените ефекти на стареене за определяне на типа и времето за необходимите коригиращи действия.

2.17 Дейностите ДЕЙСТВИЕ (Фигура 1) включват навременна корекция на ефектите на стареене на КСК и въвеждането на допълнителни превантивни и смекчаващи действия чрез подходяща поддръжка и модификация на проекта, включително ремонт и замяна на КСК.

2.18 Затвореният кръг (Фигура 1) показва непрекъснатостта и подобрението на управлението на стареенето, на базата на обратна връзка от съответния експлоатационен опит, резултати от изследвания и резултати от самооценката и периодичния преглед.

2.19 Възможностите на КСК да изпълняват проектните си функции се определят с анализи на стареенето, отчитащи ограничаващите срока на експлоатация допускания.

2.20 Оценката на стареенето, отчитаща ограничаващите срока на експлоатация допускания за КСК, се изпълнява с детайлно отчитане на механизмите на стареене и условията и историята на експлоатацията им.



**УПРАВЛЕНИЕ НА МОРАЛНОТО СТАРЕЕНЕ**

2.21 Безопасността на ЯЦ може да бъде влошена ако моралното стареене на КСК не е установено предварително, т.е. преди да се понижат надеждността и работоспособността на КСК.

2.22 Управлението на моралното стареене е част от общия подход за повишаване на безопасността на ядрената централа чрез подобрения както на характеристиките на КСК, така и на управлението на безопасността.

2.23 Предметът, проявленията, последствията и подходът за управлението на типовете морално стареене са дадени в следващата таблица.

Предмет	Проява	Последиствия	Управление
Технология	Липса на резервни части и техническа поддръжка; Липса на доставчици и/или производствени възможности	Понижаване на показателите на производството и безопасността на централата поради повишената честота на отказите и понижената надеждност	Систематично определяне на полезния експлоатационен ресурс и очакваното морално стареене на КСК; Доставка на резервни части за планирания експлоатационен ресурс и своевременна подмяна; Дългосрочни споразумения с доставчиците; Разработка на еквивалентни КСК
Наредби, норми и стандарти	Несъответствие на изискванията на актуалните наредби, норми и стандарти за КСК; Слабости на проекта (напр. при квалификация на оборудването, физическо разделяне, разнообразие или възможности за управление на тежки аварии)	Нивото на безопасност на централата е под настоящите наредби, норми и стандарти (напр. слабости на защитата в дълбочина, или по-висок риск от повреждане на активната зона)	Систематична преоценка на централата за съответствие със съвременните стандарти (напр. периодичен преглед на безопасността) и съответното обновяване, замяна на оборудването или модернизация
Знание	Познанието за актуалните норми, стандарти и технологии, отнасящи се до КСК не се обновява	Възможностите за повишаване на безопасността на централата са пропуснати	Непрекъсната актуализация на знанията и подобряване на тяхното приложение

2.24 Необходимо е ефективно да се разработват и изпълняват решения за замяна на определени КСК. Постоянно да се наблюдават и контролират наличностите на резервни части и части за замяна, както и времето за съхранение на резервните части и консумативите.

ПРОГРАМА ЗА ПРОДЪЛЖАВАНЕ НА СРОКА НА ЕКСПЛОАТАЦИЯ

2.25 Продължаването на експлоатацията на ЯЦ след първоначално определен с проекта срок се обосновава с оценка на безопасността, която включва оценка на управлението на процесите на стареене на КСК, изпълняващи функции на безопасност.

2.26 Програмата за продължаване на срока на експлоатация е набор от дейности, включващ анализи, оценки, поддръжка, инспекции и изпитвания, целящи да обосноват и демонстрират безопасността на централата за планирания период на експлоатация след проектния. Програмата за продължаване на срока на експлоатация се основава на националните регулаторни изисквания, като отчита международните добри практики,



опита от експлоатацията и резултатите от извършени проучвания и следва да включва план за нейното изпълнение.

2.27 Ако е взето решение за продължаване на срока на експлоатация след проектния, следва да бъде извършена оценка на процеса на управлението на стареенето за планирания допълнителен период на експлоатация, базирана на резултатите от периодичните прегледи на безопасността или резултатите от извършените преди това приложими оценки (включващи преглед на управлението на стареенето и повторно потвърждаване на анализите за оценка на стареенето, отчитащи ограничаващите срока на експлоатация допускания).

3 УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО НА ЕТАП ПРОЕКТИРАНЕ, ПРОИЗВОДСТВО И ВЪВЕЖДАНЕ В ЕКСПЛОАТАЦИЯ

ПРОЕКТИРАНЕ

3.1 В проекта на нова ядрена централа или при проекти за модернизации на отделни системи от съществуващи мощности, свързани с избор и използване на нови КСК, следва да бъдат заложили изисквания, които да подпомагат процеса на управление на стареенето, включително и изисквания към детайлността на информация, която да бъде включена в документите на доставчиците и производителите на КСК.

3.2 В проекта на ядрената централа се определя и обосновава срокът на експлоатация на всички КСК, важни за безопасността.

3.3 В проекта следва да бъдат определени механизмите на стареене на всички важни за безопасността КСК и на тези, ограничаващи срока на експлоатация. В Приложение 2 са дадени някои от основните механизми на стареене.

3.4 При избора на материалите за производство на КСК се отчитат съвременните научни и технически достижения, както и приложимия експлоатационен опит.

3.5 Механизмите на стареене на КСК във времето и под влияние на условията на експлоатация се отчитат при проектирането чрез въвеждане на достатъчно големи запаси, гарантиращи изпълнението на проектните функции на незаменяемите КСК за целия срок на експлоатация. Експлоатационните условия следва да отчитат всички режими на работа и определения в проекта брой цикли. За незаменяемите КСК, които са необходими на етап извеждане от експлоатация, следва да се отчетат механизмите на стареене за периода на използването им за целите на извеждане от експлоатация.

3.6 В проекта следва да бъдат представени параметрите и критериите необходими за оценка на ресурса на КСК.

3.7 В проекта следва да бъдат определени средствата за следене, мониторинг и изпитвания, вземане на проби и инспекции, както и съответните програми за техническо обслужване и изпитване.

3.8 За важните за безопасността системи е препоръчително да се проектират средства за непрекъснат мониторинг в процеса на експлоатация на показатели за състоянието, параметри и тенденции. Препоръчително е да бъдат внедрени системи като: системи за откриване на мигриращи тела, за ранно откриване на протечки по важни елементи от оборудването на I-ви контур, системи за защита от студено опресоване на корпуса на реактора, системи за автоматично следене на термични цикли, системи за шумов и вибрационен мониторинг.

3.9 В проекта се предвиждат системи за следене на параметрите, които са фактори за



деградация на материалите на КСК, като температура на метала, скорост на изменение на температурата, скорост на потока, налягане, вибрационни характеристики, температура и влажност на околната среда, брой цикли на натоварване, радиационно въздействие, интензитет на електромагнитно поле и т.н.

3.10 КСК се проектират така, че да са достъпни за инспектиране и да са ремонтно-пригодни, за да се минимизират колективните дози на облъчване при тези операции.

3.11 За корпуса на реактора, чийто ресурс е лимитиращ за ресурса на енергийния блок, се предвиждат достатъчен брой представителни образци-свидетели, позволяващи оценката на радиационното окрежкостяване на корпуса за целия срок на експлоатация.

3.12 Експлоатиращата организация разработва/оптимизира програма за квалификация на КСК с отчитане на условията на средата и на механизмите на стареене на КСК.

3.13 В проекта се предвиждат мерки за подобряване на условията на средата – подходящ водно-химичен режим, средства за ограничаване на вибрациите, термоизолация, радиационно екраниране, вентилация, климатизация и др.

ПРОИЗВОДСТВО И ИЗГРАЖДАНЕ

3.14 В технологията на производство на оборудването и строителните компоненти при осъществяване на проекта на нова ядрена централа или при проекти за модернизации на отделни системи от съществуващи мощности да се отчитат съвременните знания и натрупания експлоатационен опит в областта на стареенето на материалите.

3.15 Експлоатиращата организация следва да изиска от производителите на оборудване и строителни компоненти подробно документиране на технологията и процеса на производство и на състава на използваните материали, както и документиране на евентуални отклонения от проектната или конструкторската документация.

3.16 Документацията на произведеното оборудване е необходимо да включва експлоатационен срок, условия на експлоатация и ресурсни характеристики, програми/методики за контрол, инструкции за техническо обслужване и ремонт..

3.17 Производителите на оборудване и строителни компоненти е необходимо да изпълнят квалификационни изпитвания в съответствие с програмата за квалификация. Резултатите е необходимо да са подробно и точно документиранни.

3.18 При производството на корпуса на реактора е необходимо да бъдат произведени и монтирани представителни образци-свидетели в съответствие с проектната документация. Техният брой е необходимо да е достатъчен за целия срок на експлоатация на ядрената централа.

3.19 Експлоатиращата организация е необходимо да изиска от доставчиците на оборудване и строителни компоненти да осигурят такива условия на транспортиране до площадката, които няма да предизвикат предварително стареене. Необходимо е да се документират подробно възможните нарушения на оптималните условия при транспортиране.

3.20 Всички проектни изменения и отклонения от проектния технологичен процес на строителство и монтаж на оборудването е необходимо да бъдат подробно и точно документиранни.

3.21 В случай на забавяне на изграждането на ЯЦ, вече изградените конструкции и доставеното оборудване е необходимо да се съхраняват в подходящи условия, определени от производителя, които да ограничават влиянието на факторите, предизвикващи стареене на материалите.



ВЪВЕЖДАНЕ В ЕКСПЛОАТАЦИЯ

3.22 Процесът на въвеждане в експлоатация се документира точно и подробно като това включва и условията на провеждане и резултатите от пусково-настроечните изпитвания.

3.23 На етап въвеждане в експлоатация на енергиен блок се проверява и документира доколко параметрите на реалната експлоатационна среда съответстват на проектната документация. Откриват се и се документират „горещите точки“ - места с повишена температура, влажност, вибрации, ниво на радиация, агресивна среда и т.н.

3.24 Условията, при които се провеждат изпитванията на КСК по време на въвеждане в експлоатация осигуряват, че КСК не се излагат на въздействия, непредвидени в проекта и водещи до преждевременно стареене.

4 УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯ

СИСТЕМАТИЧЕН ПОДХОД, ОРГАНИЗАЦИОННА СТРУКТУРА, ПРОГРАМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО

4.1 Ефективното управление на стареенето на КСК изисква използване на систематичен подход (Фигура 1), осигуряващ координиране на всички дейности, свързани с разбирането, предотвратяването, откриването, наблюдението и смекчаването на ефектите от стареенето.

4.2 Експлоатиращата организация разработва, прилага и периодично актуализира програма за управление на стареенето, за да гарантира работоспособност на КСК, важни за безопасността, за целия срок на експлоатация. В Приложение 1 е дадено примерно съдържание на програма за управление на стареенето.

4.3 Програмата за управление на стареенето е интегриран подход за наблюдение, идентифициране, документиране, анализиране на стареенето на КСК и изпълнение на мерки за възстановяването на проектните им характеристики.

4.4 Чрез програмата за управление на стареенето се определят взаимовръзките между действащите документи, свързани с изпълнение на дейностите по управление на стареенето като: технологичен регламент; графици и инструкции за изпитвания и контрол на състоянието на системите, важни за безопасността; план-графици за техническо обслужване и ремонт на КСК; специализирани програми за управление на стареенето; инструкции, програми или процедури за експлоатационен контрол на основния метал и заварените съединения на оборудването и тръбопроводите; програми за квалификация на КСК и др.

4.5 Програмата за управление на стареенето се приема преди въвеждането в експлоатация на блока, като в нейното разработване участват проектантите и производителите на оборудването и на компонентите на строителните конструкции.

4.6 В изпълнението на програмата за управление на стареенето участват различни звена, свързани с експлоатация, ремонт и инженерно осигуряване. При необходимост, за изпълнението на аналитични изследвания за оценка на ресурса на КСК се привличат външни организации.

4.7 В програмата за управление на стареенето се определят КСК, които са обект на контрол по тази програма. За тези КСК се определят механизмите на стареене, очакваните ефекти на стареене, критериите за оценка на ресурса, средствата и методите за контрол на процесите на стареене, следените параметри, за които се водят записи, а също и начините за ограничаване на факторите на стареене.

4.8 Ресурсните характеристики на КСК по възможност се възстановяват чрез



техническо обслужване и ремонт. При изчерпване на ресурса на КСК или при невъзможност за неговото достоверно определяне, КСК е необходимо да се заменят.

4.9 В случай, че в процеса на експлоатация бъдат открити механизми или фактори на стареене, които съкращават ресурса на КСК, но не са отчетени при проектирането, тогава съвместно с проектанта и производителя се разработват мерки за следене и ограничаване на въздействието на тези фактори.

4.10 Програмата за управление на стареенето е индивидуална за всеки отделен блок на ядрената централа и отчита характерните особености на проекта, историята на производство, изграждане и въвеждане в експлоатация на КСК, както и историята на експлоатацията на блока. При блокове от един и същи тип е допустимо използването на обща програма, но в този случай е необходимо да се отчитат евентуалните разлики в блоковете.

4.11 В случай на съществена модернизация на блока, особено свързана с повишение на мощността, се идентифицират възможните промени в експлоатационните условия, които са фактори на стареенето – плътност на неутронен поток, скорост на работни флуиди, вибрации, температура, влажност и т.н.

4.12 Нови подходи за анализ и управление на стареенето, доколкото биха променили съществено прилаганата до момента практика, се въвеждат след внимателно разглеждане и по начин, осигуряващ приемственост на резултатите.

4.13 По време на периодичния преглед на безопасността на блока експлоатиращата организация отчита аспектите на моралното стареене, свързано с развитието на знанията и технологиите, а така също на нормативните и регулаторни изисквания.

4.14 Експлоатиращата организация осигурява необходимите ресурси за управление на стареенето.

СТЕПЕНУВАН ПОДХОД ПРИ ОПРЕДЕЛЯНЕТО НА КСК, КОИТО СА ОБЕКТ НА КОНТРОЛ ПО ПРОГРАМАТА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО

4.15 При избора на КСК, които са обект на програмата за управление на стареенето и при определянето на обхвата на контрол на тези КСК, следва да се прилага степенуван подход.

(1) Програмата обхваща всички КСК, важни за безопасността.

(2) Програмата може да обхваща и КСК, които нямат пряко отношение към безопасността, но чийто ресурс е определящ за срока на експлоатация на централата по икономически или други съображения.

(3) Препоръчително е програмата да обхваща КСК, изпълняващи функции по осигуряване на разполагаемостта на централата и надеждното електропроизводство.

(4) Колкото по-висок е класът по безопасност на даден КСК, толкова по-щателно се следи състоянието му.

(5) Незаменяемите КСК, или чиято замяна е трудна и/или финансово необоснована се подлагат на по-строг контрол и за тях се прилагат всички възможни мерки за забавяне на стареенето.

МОНИТОРИНГ

4.16 За следене на състоянието на КСК и на експлоатационните условия, които са фактори на стареене, експлоатиращата организация разработва специални програми за



мониторинг, изпитвания, вземане на проби и инспекции, така че да се гарантира своевременното откриване на дефекти и влошени условия на експлоатация, несъответстващи на използваните при квалификацията на оборудването.

4.17 Обхватът и честотата на мониторинга, изпитванията, вземане на проби, инспекциите и техническото обслужване на КСК се определят от тяхната важност за безопасността, склонността им към деградация (определена на база изследвания и експлоатационен опит) и в съответствие с препоръките на производителя.

4.18 Използваните технически средства и методи за контрол при изпитванията, с които се доказва надеждността или се определят ресурсните характеристики на КСК, е необходимо да са достатъчно точни и надеждни и да бъдат валидирани. Те следва да са приложими в ядрената енергетика, а персоналот да бъде обучен и да притежава необходимата квалификация.

4.19 Параметрите, при които се провеждат функционални изпитвания, се избират с отчитане на състоянието на материалите, така че да не застрашават целостта на изпитваните КСК.

4.20 Следенето на състоянието на уплътненията на съдове и тръбопроводи под налягане е необходимо с цел осигуряване на тяхната цялост и предотвратяване изтичане на високо-енергийни среди, образуване на взривоопасни концентрации на газове, възможност за образуване на пожари, химически замърсявания с флуиди опасни за здравето на персонала и експлоатацията на съоръженията и др.

4.21 Приоритетно се използват безразрушителни методи за контрол.

4.22 Контролът на заварените съединения е задължителна операция от технологичния процес за откриване на дефекти. Използва се пълен или частичен (изборен) контрол чрез разрушаващи или безразрушителни методи (визуален оглед, ултразвук, рентгенографски методи, контрол с проникващи течности и др.).

ИДЕНТИФИЦИРАНЕ

4.23 Резултатите от мониторинга, изпитванията, пробовземанията и инспекциите се анализират с цел своевременното идентифициране на ефектите и механизмите на стареене и на факторите, влияещи върху процесите на стареене.

ДЕТЕРМИНИСТИЧЕН АНАЛИЗ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОСТАТЪЧНИЯ РЕСУРС

4.24 Анализът за определяне на остатъчния ресурс се изпълнява с цел потвърждаване на способността на КСК да изпълняват проектните си функции до края на предвидения експлоатационен срок. За целта изчислените стойности на ресурсните характеристики на КСК се сравняват с допустимите.

4.25 Анализът за определяне на остатъчния ресурс се изпълнява като част от периодичния преглед на безопасността за всички КСК в обхвата на програмата за управление на стареенето.

4.26 Анализът за определяне на остатъчния ресурс се изпълнява с отчитане на актуалното състояние и действителните характеристики на КСК: материален състав, физични и химични свойства, якостни и деформационни характеристики и т.н. Отчитат се технологията и условията на производство и въвеждане в експлоатация, историята на експлоатация, поддръжката и ремонта, регистрираните откази и дефекти, резултатите от по-рано изпълнени анализи.

4.27 Анализът за определяне на остатъчния ресурс се изпълнява като се прогнозира



промените, които ще настъпят в резултат на механизмите на стареене и условията на експлоатация до края на предвидения експлоатационен срок.

4.28 Анализът за определяне на остатъчния ресурс се изпълнява с отчитане на функциите на КСК и проектния брой цикли за всички експлоатационни състояния до края на предвидения експлоатационен срок.

4.29 Анализът за определяне на остатъчния ресурс се изпълнява по специално разработена методика, която да включва:

- списък на специфичните за всеки компонент механизми на стареене с категоризация по значимост на влиянието им;
- ефекти на стареенето върху всеки компонент и дефиниране на количествени критерии за оценка на тези ефекти (допустими стойности на конкретни ресурсни характеристики);
- описание на методите за количествена оценка на ефектите на стареене;
- описание на компютърните програми и данни за тяхната валидация.

Методически указания за провеждане на анализите са представени в Приложение 3 и Приложение 4.

4.30 Анализът може да се изпълнява за критични компоненти или дори за части или зони на компонента, ако е обосновано, че те са определящи за функционалността на КСК.

4.31 За изпълнението на анализи се използват съвременни компютърни програми, които са верифицирани и валидирани и чиято приложимост е потвърдена от независима проверка.

4.32 Анализът за определяне на остатъчния ресурс се изпълнява с отчитане на неопределеността на входните данни и изчислителните методи.

4.33 Документирането на анализа за определяне на остатъчния ресурс следва да бъде достатъчно подробно и да включва:

- приложимите нормативни и технически документи;
- използвани входни данни и резултати от изпълнени изследвания за определяне на актуалните характеристики на компонентите;
- направени допускания;
- резултати и изводи от изпълнените анализи.

4.34 Резултатите от анализа за определяне на остатъчния ресурс се използват при актуализиране на програмата за управление на стареенето и при планирането на коригиращи мерки и компенсиращи мероприятия.

КОРИГИРАЩИ МЕРКИ И КОМПЕНСИРАЩИ МЕРОПРИЯТИЯ

4.35 Резултатите от идентифицирането на процесите и механизмите на стареене, на факторите, влияещи върху процесите на стареене и резултатите от изпълнените детерминистични анализи за определяне на остатъчния ресурс се използват за планиране на превантивни и коригиращи мерки и компенсиращи мероприятия.

4.36 Превантивните и коригиращите мерки могат да включват:

- промяна на експлоатационните условия с цел ограничаване на влиянието на факторите на стареене (монтиране на топлоизолация, вентилация, климатизация, антивибрационно оборудване, промяна на водо-химичен режим и др.);
- техническо обслужване, ремонт;



- анализи за дефекти и откази, определяне на тенденции за евентуална деградация
- предремонтна диагностика като термовизионен контрол и др.;
- надзорни програми;
- термоконтрол и контрол на влажност в „горещи точки“ с цел „ревалидиране на количествени оценки на остатъчния ресурс“ и превенция на механично, електротехническо и КПиА оборудване, строителни конструкции;
- замяна на КСК или части от тях.

4.37 Ако замяната на определени КСК е технически сложна или икономически неизгодна, освен мерки за забавяне на стареенето, може да се предвидят компенсиращи мероприятия като включване на допълнителни параметри за мониторинг, съкращаване на сроковете между изпитванията и т.н. с цел максимално точно определяне на ресурсните характеристики на оборудването.

ДОКУМЕНТИРАНЕ

4.38 Експлоатиращата организация изгражда система за събиране и съхраняване на данни, която да подпомага управлението на стареенето. Системата се създава още след получаване на разрешение за проектиране и в нея се съхраняват данни от всички етапи на жизнения цикъл на централата.

4.39 В системата за събиране и съхраняване на данни се съхранява: информация от предпроектните проучвания, проучванията за избор на площадка, проектната документация на ядрената централа.

4.40 Необходимо е още от етапа на производство и изграждане в системата за събиране и съхраняване на данни да влезе документацията от производството на КСК (включително материал, механични свойства и химически състав, технология на производство, евентуални отклонения от проектно-конструкторската документация, паспорти на КСК, резултати от заводските изпитвания), данни, свързани с монтажа на КСК, пусково-настроечните изпитвания.

4.41 По време на експлоатацията се съхраняват:

- данните от системите за контрол и управление, системите за следене и диагностика, включително параметри на околна среда и водо-химичен режим;
- резултатите от функционални и квалификационни изпитвания;
- резултатите от всички дейности, свързани с техническо обслужване и ремонт;
- данните за изпълнени модернизации на КСК;
- данните за откази на КСК, нарушения в технологичния процес, преходни режими или аварийни събития;
- резултатите от анализи за определяне на остатъчния ресурс;
- информация от експлоатационния опит на аналогични ядрени централи и оценките за приложимост на чуждия опит в управление на стареенето на КСК.

4.42 Съхранената информация е необходимо да се допълва, а не да се обновява чрез изтриване на съществуващи данни.

4.43 В развитието и поддръжката на системата за събиране и съхраняване на данните участва персонал, свързан с експлоатацията, поддръжката и ремонта и инженерното осигуряване, като това е организирано в съответните документи на централата.

4.44 Системата за събиране и съхраняване на данните се изгражда по начин, който позволява лесно и ефективно търсене на информация.

**СЪХРАНЕНИЕ НА ИНФОРМАЦИЯТА**

4.45 Необходимо е да бъде осигурено съхраняването на самата система за събиране и съхраняване на информацията, с оглед да не се загуби информацията, намираща се в нея, например да се осигурят права за достъп, така че да не може да се изтрива и променя наличната информация, а да може само да се добавя нова информация и нови версии на налични документи.

4.46 Документацията и записите, за които има информация в системата за събиране и съхраняване на данни, е необходимо да бъдат четими, независимо на какъв носител са били предоставени в оригинал. Необходимо е да има информация къде се съхраняват в електронен вид и къде се съхраняват на хартия, както и къде са архивирани в електронен вид и/или на хартия.

ВРЪЗКА НА ПРОГРАМАТА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО С ДРУГИ ДОКУМЕНТИ, ОБОСНОВАВАЩИ БЕЗОПАСНОСТТА

4.47 Измененията в Програмата за управление на стареенето е необходимо своевременно да бъдат отразявани в Отчета за анализ на безопасността и да се вземат предвид при подготовка на Отчет за периодичен преглед на безопасността.

4.48 Програмата за управление на стареенето е необходимо да е в съответствие като минимум със следните експлоатационни документи:

- Технологичен регламент;
- Графици и инструкции за изпитвания и контрол на състоянието на системите, важни за безопасността;
- План-графици за техническо обслужване и ремонт на КСК;
- Специализирани програми за управление на стареенето;
- Инструкции, програми или процедури за експлоатационен контрол на основния метал и заварените съединения на оборудването и тръбопроводите;
- Програми за квалификация на КСК.

УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО ВЪВ ВРЪЗКА С ПРОДЪЛЖАВАНЕ НА СРОКА НА ЕКСПЛОАТАЦИЯ

4.49 При продължаване срока на експлоатация, експлоатиращата организация разработва и прилага специална програма, с което предварително се демонстрира, че стареенето няма да повлияе на безопасната експлоатация на блока през удължения срок на експлоатация. Тази програма следва да включва набор от мерки, отчитащи резултатите от изпълнението на програмите за физическо и морално стареене, от периодичния преглед на безопасността и детерминистичните анализи за определяне на остатъчния ресурс (ревалидираните анализи на стареенето, отчитащи ограничаващите срока на експлоатация допускания - TLAAs) и график за изпълнение.

4.50 При експлоатация след проектния срок особено внимателно се следят и своевременно се внедряват актуалните научни постижения, свързани с механизмите на стареене и методите за контрол.

4.51 При експлоатация след проектния срок скоростта на някои от процесите на деградация може рязко да се увеличи, което води до необходимост от по-честа актуализация на оценките на остатъчния ресурс, плановете за инспекции и обслужване на КСК, плановете за доставки на резервни части и т.н.

4.52 При експлоатация след проектния срок се обръща особено внимание на моралното стареене.



4.53 При експлоатация след проектния срок се обръща особено внимание на изучаването на опита от експлоатацията на аналогични съоръжения.

5 УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО НА ЕТАП ИЗВЕЖДАНЕ ОТ ЕКСПЛОАТАЦИЯ

5.1 При управлението на стареенето на КСК при извеждане от експлоатация се отчитат следните особености на този етап от жизнения цикъл на блока:

(1) Етапът е с относително голяма продължителност. В този период в следствие на нормалната експлоатация част от важните за изпълнение на дейностите по извеждане от експлоатация КСК вече са със силно намален ресурс. Голяма част от КСК са технологично остарели и за тях не е осигурена поддръжка от производителите им.

(2) Периодът на извеждане от експлоатация на ядрения блок е свързан с демонтиране на и/или разрушаване на КСК. Голяма част от помещенията се освобождават от инсталираното в тях оборудване и конструкции и сменят своето предназначение.

(3) Изискванията за захранване с флуиди и енергоносители се редуцират. С редуцирането на изискванията, част от системите, осигуряващи захранване, също се демонтират.

(4) Променят се стресовите фактори, действащи по време на нормална експлоатация и водещи до стареене и деградация на КСК.

(5) Променят се контролираните зони. Могат да се добавят нови помещения и сгради към контролираната зона или част от помещенията да се изведат от контролираната зона.

5.2 Приложимите указания в предходните раздели на настоящото ръководство следва да се отчитат при управление на стареенето на етап извеждане от експлоатация.

5.3 Организацията, извеждаща от експлоатация ядреното съоръжение, разработва, прилага и периодично актуализира програма за управление на стареенето, за да гарантира работоспособност на КСК, важни за безопасността, за срока на извеждане от експлоатация.

5.4 Чрез програмата за управление на стареенето на етап извеждане от експлоатация се определят взаимовръзките между действащите документи на организацията, извеждаща от експлоатация, свързани с изпълнение на дейностите по управление на стареенето, като: план за извеждане от експлоатация; технологичен регламент; графици и инструкции за изпитвания и контрол на състоянието на системите, важни за безопасността; план-графици за техническо обслужване и ремонт на КСК; специализирани програми за управление на стареенето; инструкции, програми или процедури за експлоатационен контрол на основния метал и заварените съединения на оборудването и тръбопроводите.

5.5 Програмата за управление на стареенето на етап извеждане от експлоатация е необходимо да обхваща всички КСК, важни за безопасността и КСК, които нямат пряко отношение към безопасността, но чийто ресурс е определящ за извършване на дейностите по извеждане от експлоатация, по икономически или други съображения.

5.6 Резултатите от анализа за определяне на остатъчния ресурс се отчитат при избора на технология за демонтаж на КСК.

5.7 Информацията за КСК, които са демонтирани или разрушени, следва да се премахне от базите на програмата за управление на стареенето и да се съхранява в допълнителна база данни на демонтираното оборудване.



6 УПРАВЛЕНИЕ НА МОРАЛНОТО СТАРЕЕНЕ

6.1 Моралното стареене е процес, произтичащ в резултат на:

- развитието на знанията и технологиите;
- развитието на нормативните и регулаторни изисквания;
- невъзможност за осигуряване на необходими резервни части, поради преустановено производство от оригиналния производител, промяна на пазара на доставчиците на резервни части, неналичен производствен капацитет на индустрията.

Управлението на моралното стареене е специфична част от управлението на стареенето на КСК.

6.2 Управлението на моралното стареене на оборудването се извършва в рамките на програмата за управление на стареенето или на отделна програма за управление на моралното стареене. Обекти на управлението са всички КСК, важни за безопасността и резервните части, необходими за поддържане на тяхната работоспособност и разполагаемост.

6.3 Определят се КСК важни за безопасността, които са морално остарели, групират се в зависимост от влиянието им върху безопасността и своевременно се извършват дейности за подмяната им.

6.4 Експлоатиращата организация е необходимо да участва във вътрешни и международни програми за обмен на информация и опит между експлоатиращи организации, изследователски центрове и регулиращи органи в ядрената индустрия, за да се гарантира разбиране и своевременно идентифициране на процесите на морално стареене.

6.5 В програмата за управление на моралното стареене следва да се предвиди участието на инженерни организации, осигуряващи дейностите по проектиране, експлоатация, техническа поддръжка, доставки и при необходимост, планиране на работата и ръководство на дейностите.

6.6 Съответствието на съвременните нормативни и регулаторни изисквания се оценява регулярно и възникналите несъответствия се отстраняват чрез модернизация на КСК, въвеждането на коригиращи мерки, а при невъзможност за такива, чрез въвеждане на подходящи компенсиращи мероприятия.

6.7 Управлението на моралното стареене изисква дълговременно прогнозиране и планиране на ремонтните дейности, на необходимите резервни части, поддържането на запаси, сключване на дългосрочни договори с доставчици на резервни части.

6.8 Необходимо е да се съхранява информация за вече използваните доставчици на оборудване и/или резервни части и за качеството на получаваните части или оборудване. Същото се отнася и за изпълнителите на аналитични изследвания.

6.9 При въвеждането на нови по-точни методи и/или прибори за следене на дефекти, следва да се определя еднозначно съответствието между старите и новите резултати, за да не се губи информацията за развитието на следения дефект във времето.

6.10 Електронните носители на информация редовно да се преглеждат и презаписват върху съвременни носители, за да не се загубят данни поради липса на четящи устройства. Съхраняваната на хартиен носител информация също регулярно се преглежда и при необходимост се копира.



7 ПРЕПРАТКИ, ИЗПОЛЗВАНИ ДОКУМЕНТИ

[1] Закон за безопасно използване на ядрената енергия в Р. България, обн. ДВ, бр. 68 от 02.08.2013 г., бр. 98 от 28.11.2014 г., в сила от 28.11.2014 г., бр. 14 от 20.02.2015 г., доп., бр. 103 от 28.12.2017 г., в сила от 1.01.2018 г.;

[2] Наредба за осигуряване на безопасността на ядрените централи, от 30.09.2016 г.;

[3] Наредба за реда на издаване на лицензии и разрешения за безопасно използване на ядрената енергия, обн. ДВ, бр. 41 от 18 Май 2004 г., изм., бр. 4 от 9.01.2018 г., в сила от 9.01.2018 г., изм. и доп., бр. 37 от 4.05.2018 г.;

[4] Извършване на периодичен преглед на безопасността на ядрени централи, РР - 18/2016, Агенция за ядрено регулиране;

[5] Безопасна експлоатация на АЕЦ, РР-10/2011, Агенция за ядрено регулиране;

[6] IAEA, Ageing Management for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series Safety Guide No. NS-G-2.12, IAEA, Vienna (2009);

[7] IAEA, Ageing Management and Development of a Programme for Long Term Operation of Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards, DRAFT SPECIFIC SAFETY GUIDE DS485 (Revision of NS-G-2.12), 20 April 2017;

[8] IAEA, Ageing Management for Nuclear Power Plants: International Generic Ageing Lessons Learned (IGALL), Safety Report Series No. 82, IAEA, Vienna (2015);

[9] WENRA Report "Safety Reference Levels for Existing Reactors", 2014;

[10] Aging Management for Nuclear Power Plants Regulatory Document RD-334;

[11] Ageing Management of a Nuclear Facility, Guide YVL A.8 / 20 MAY 2014;

[12] IAEA, Implementation and review of a nuclear power plant ageing management programme, SRS 15, Vienna 1999;

[13] IAEA, Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety: Concrete containment buildings, IAEA-TECDOC-1025, Vienna 1998;

[14] В.П. Семишкин, А.В. Богачев, А.В. Меркун, Механизмы старения компонентов системы теплоносителя реактора РУ с ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200, АО ОКБ "ГИДРОПРЕСС", Подольск, Россия;

8 ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Деградация	Негативни изменения на характеристиките на материалите на КСК в резултат на физични, химични или биологични процеси (механизми на стареене), развиващи се в течение на времето и под въздействие на условията на експлоатация.
Ефект на стареене	Конкретна проява на процесите на стареене (напукване, изтъняване, намаляване на якост и др.).
Механизъм на стареене	Физични, химични или биологични процеси, водещи до необратими изменения на свойствата на конструкционните материали (радиационно окрежностяване, различни видове корозия, ерозия, окисление и др.).



Остатъчен ресурс	Период от време, в течение на който КСК може да продължи да изпълнява проектните си функции с отчитане на прогнозния брой цикли на експлоатация.
Отказ	Невъзможност на КСК да изпълни проектните си функции.
Ресурсни характеристики	Количествени стойности на параметрите, определящи функционалността на КСК.
Стареене	Общ процес, при който характеристиките на КСК се променят с времето и в процеса на експлоатацията им.
Управление на стареенето	Инженерни, експлоатационни и ремонтни дейности, целящи контролиране на деградацията на конструкциите, системите и компонентите в рамките на допустимите граници.
Фактор на стареене	Параметри на средата, които ускоряват процесите на деградация.



9 ПРИЛОЖЕНИЯ

В Приложенията са отчетени механизмите на стареене, характерни за КСК на енергиен блок с ВВЕР-1000. Те имат само примерен характер и не описват изчерпателно всички възможни механизми на стареене, нито всички КСК, в които те се проявяват, дори за указания тип ЯЦ.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 ПРИМЕРНО СЪДЪРЖАНИЕ НА ПРОГРАМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО

РАЗДЕЛ 1 ЦЕЛ И ОБХВАТ НА ПРОГРАМАТА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА СТАРЕЕНЕТО

Този раздел е въвеждащ. В него се формулират целите на програмата за управление на стареенето и се представят критериите за включване на КСК в обхвата.

РАЗДЕЛ 2 КОНСТРУКЦИИ, СИСТЕМИ И КОМПОНЕНТИ В ОБХВАТА НА ПРОГРАМАТА

Този раздел съдържа списък на избраните КСК, които влизат в обхвата на програмата, включително класификация по безопасност, сеизмична класификация и класификация по качество.

Ако по време на експлоатацията или в резултат на изпълнени инженерни изследвания възникне необходимост от добавяне към списъците на конструкции, системи, компоненти, то информацията в този раздел се актуализира, ако е необходимо критериите се допълват, като се посочват причините за измененията.

РАЗДЕЛ 3 ИСТОРИЯ НА ЕКСПЛОАТАЦИЯТА НА КСК И РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗПЪЛНЕНИ АНАЛИЗИ

В този раздел се представя (във вид на препратки към документи) цялата налична информация за проекта, технологията на производство или изграждане, възможните изменения и модернизации, историята на експлоатация и изпълнените анализи за оценка на остатъчния ресурс на всички обхванати КСК.

РАЗДЕЛ 4 МЕХАНИЗМИ НА СТАРЕЕНЕ, ДЕЙНОСТИ ЗА СЛЕДЕНЕ, ИДЕНТИФИЦИРАНЕ, КОНТРОЛ, ТЕХНИЧЕСКО ОБСЛУЖВАНЕ И РЕМОНТ

В този раздел за всички КСК в обхвата на програмата се представят:

- механизмите на стареене;*
- методите за следене на ресурсните характеристики и съответстващите допустими стойности на тези характеристики (критерии за приемливост);*
- планираните превантивни и коригиращи мерки и препратки към съответните технически решения, инструкции, планове, графици, програми за обслужване и ремонт, програми за изпълнение на изследвания, специфични програми за управление на стареенето и т.н.*

Забележка: Препоръчително е в електронната версия на програмата названията на реферираните документи да са линкове, позволяващи автоматичен достъп до тях

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2 МЕХАНИЗМИ И ЕФЕКТИ НА СТАРЕЕНЕ И КСК, ЗА КОИТО СА ХАРАКТЕРНИ****МЕХАНИЧНО ОБОРУДВАНЕ**

Таблица 1 Механизми на стареене на метала на механичното оборудване

Механизъм на стареене	Определение	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Деформации	Пластична деформация на метала под действие на външни товари	Промяна на геометричните параметри на елемента, загуба на механична якост, разрушаване	Корпус на реактора – пръстени, дъно, присъединителни елементи Капак на горен блок с шуцери Траверса Корпус на парогенератора Топлообменни тръби Натегнати болтови съединения Заваръчни шевове във фланци
Пълзене на метала	Деформация на метала при повишаване на температурата Пълзенето представлява зависеща от времето пластична деформация на метала, произтичаща вследствие на движение на дислокации, дифузионни процеси.	Промяна на геометричните параметри на елемента, загуба на механична якост Ефектът от процеса пълзене се изразява в промяна на товароносимостта с течение на времето.	Вътрешно-корпусни устройства Ограничител на активната зона Болтове във вътрешността на реактора



Механизъм на стареене	Определение	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Умора на метала - механична	Умората е влошаване на металната структура, което може да възникне в резултат на повтарящи се цикли на натоварване, причинени от променливи механични или топлинни натоварвания.	При натрупване на достатъчно локализирано микроструктурно увреждане се зараждат микро пукнатини, които впоследствие се развиват и могат да доведат до разрушаване на метала.	Всички движещи се и въртящи се части Корпус на реактора – опорен, горен и долен пръстен, дъно Капак на горен блок с щуцери Присъединителни елементи – шпилки, клинове, болтове Силфон Траверса Корпус на парогенератора Топлообменни тръби Щуцери Тръбопроводи Циркулационни и подхранващи помпи Заваръчни и наваръчни шевове, които представляват концентратори на напрежения Лагери на помпи и двигатели Работни лопатки



Механизъм на стареене	Определение	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Умора на метала - термична	Умората е влошаване на металната структура, което може да възникне в резултат на повтарящи се цикли на натоварване, причинени от променливи механични или топлинни натоварвания.	При натрупване на достатъчно локализирано микроструктурно увреждане се зараждат микро пукнатини, които впоследствие се развиват и могат да доведат до разрушаване на метала.	Елементи от аустенитна и въглеродна стомана – основен метал и заваръчни шевове Корпус на реактора Капак на горен блок с щуцери Траверса Корпус на парогенератора Топлообменни тръби Щуцери Тръбопроводи Тройници, Зони на концентрация на напреженията в тръбопроводи
Корозия	Корозията е форма на разграждане на материала, причинено от химична или електрохимична реакция с околната среда	Корозията води до забележима промяна в гладкостта и характеристиките на повърхността на метала, което може да доведе до намаляване или загуба на функция на компонент или подкомпонент	Според вида корозия
Корозионна умора	Корозия възникваща под едновременното действие на химични реагенти и циклични товари	Едновременна промяна на механичните свойства на метала, зараждане на пукнатина от корозионни дефекти, развитието на която може да доведе до разрушаване на елемента	Корпус на парогенератора Топлообменни тръби Заваръчни шевове в щуцерите Работни лопатки



Механизъм на стареене	Определение	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Корозия под напрежение	Сложно явление, предизвикано от едновременното въздействие на механични, електрохимични и металургични фактори в присъствието на хлориди и в неутрално рН деминерализирана вода, съдържаща кислород при температури по-високи от 250°C Опъновите напрежения са благоприятни за образуването на пукнатини.	Корозионно напукване, което може да доведе до намаляване или загуба на функция на компонент или елемент Корозията под напрежение се среща най-често при температури по-високи от 60°C и в среди с високо съдържание на хлориди.	Всички елементи от киселинно устойчиви, въглеродни и ниско легирани стомани при продължителна работа при 650°C Наварен слой от аустенитна киселинно устойчива стомана Тръбопроводи в първи и втори контур Заваръчни шевове и около шевни зони Рециркуляционни охладителни елементи Парогенератори Елементи от носещата конструкция на реактора Захранващи щуцери, хоризонтални тръбопроводи, тънкостенни тръби и колена Капак на корпуса на реактора Болтови съединения Работни лопатки



Механизъм на стареене	Определение	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Междукристална корозия	Корозия, която възниква по границите на зърната. Сред химическите агенти, които могат да причинят междукристална корозия, са кислород, хлориди, сулфати и хидроокиси	Ако селективната корозия продължава до определена дълбочина, дори и да не настъпи съществена промяна в геометрията, загубата на материал и намаляването на дебелината на стената могат да доведат до отслабване на товароносимостта на конструкцията или компонента	Аустенитни киселинно устойчиви стомани – наварен слой, наваръчни и заваръчни шевове, тръбопроводи в първи контур при продължителна работа при повишени температури (около 650°C) Въглеродни стомани - тръбопроводи от втори контур Елементи вътре в реактора
Транскристална корозия	Корозионна пукнатина, която преминава през кристалните зърна и се причинява при наличие на хлориди и флуориди	Ако селективната корозия продължава до определена дълбочина, дори и да не настъпи съществена промяна в геометрията, загубата на материал и намаляването на дебелината на стената могат да доведат до отслабване на товароносимостта на конструкцията или компонента	По външните повърхности на елементи от аустенитна киселинно устойчива стомана главно поради липсата на адекватна чистота Аустенитни киселинно устойчиви стомани – наварен слой, наваръчни и заваръчни шевове, тръбопроводи в първи контур Топлообменни тръби и колектор на парогенератора Задвижващ механизъм на поглъщащите пръти Болтови и фланцови съединения



Механизъм на стареене	Определение	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Корозия-ерозия	Ерозия на металите при едновременното триещо въздействие на самата корозионна среда или на други твърди тела с отчитане влиянието на налягането, температурата и химическия състав на топлоносителя Ерозията може да ускори или да забави развитието на корозията. Ускоряване се получава когато при силна ерозия се отстранява защитния слой на основния метал (ако има такъв), а забавяне когато ерозионния процес отнася опасните корозионни агенти	Изтъняване на стената, което в крайна сметка може да причини перфорация на елемента, ако бъде оставена да действа продължително време	Тръбопроводи и помпи от въглеродни стомани, които са в контакт с топлоносителя Тръбни колена и свързки Редуциращи муфи Външни стени на измерващи потока фланци Затварящи клапани Щуцери на реактора Клапани Циркулационни и подхранващи помпи Парогенераторни елементи Работни лопатки
Контактна корозия	Електрохимична корозия предизвикана от контакта на разнородни (с различни потенциали) метали	Загубата на материал и намаляването на дебелината на стената могат да доведат до отслабване на товароносимостта на конструкцията или компонента	Елементи от аустенитни и въглеродни стомани – всички вътрешно корпусни елементи на реактора и парогенератора Тънкостенни стени на паропроводи Тръбопроводи във втори контур



Механизъм на стареене	Определение	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Локална корозия (Язвена (pitting) корозия)	Локална промяна на повърхността на метала, причинена от концентрацията на определени химични агенти, като кислород, хлориди или амоняк	Обикновено се появява под формата на локализирани ямки или малки петна на повърхностния слой на метала Язвената (pitting) корозия се среща на малки участъци от повърхността на метала, там където е разрушен или липсва пасивиращия слой. Тази форма на корозия често е по-разрушителна от общата корозия, защото образуваните ямки могат да играят роля на зародиши на пукнатини, които впоследствие да се развият и преминат през цялото сечение на тялото.	Парогенератор, топлообменни тръби на парогенератора и околните им елементи Болтове в капака на реактора Корпус на турбогенератор
Равномерна корозия (Обща корозия)	Окисление по цялата повърхност на метала, причинено от концентрацията на определени химични агенти, като кислород, хлориди или амоняк	Нарушение на цялата повърхност на метала от окислен слой	Парогенератор, топлообменни тръби на парогенератора и околните им елементи Болтове в капака на реактора Корпус на турбогенератора



Механизъм на стареене	Определение	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Износване (ерозия)	Постепенна загуба на повърхностен слой метал при триене и контакт при монтаж, ремонт или експлоатация	Изтъняване на стена, което може да доведе до нарушаване на геометрични параметри и до пробив	Топлообменни тръби Стопорно-регулиращи клапани Задвижващ механизъм на поглъщащите пръти Паропроводи Циркулационни и подхранващи помпи Тръбопроводи Работни лопатки
Термично стареене	При високи температури материалът може да загуби пластичност и да стане крехък поради микроструктурни промени при отделяне от металната матрица на дисперсни частици. Възниква при температури по-ниски от 300°C	Необратим механизъм на промяна на геометричните параметри и на механичните свойства на метала, който е силно зависим от температурата, микроструктурата на материала и времето	Корпус на реактора Горен блок Обвивки на ТОЕ Компенсатор на налягането Корпус на парогенератора Задвижващ механизъм на поглъщащите пръти Клапани Циркулационни помпи Главни циркулационни тръбопроводи Валове Силфон Работни лопатки



Механизъм на стареене	Определение	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Радиационно окрежкостяване	Промяна на механичните свойства на метала в резултат на неутронния флуенс	Намаляване на границата на провлачане и якостта на опън в радиационно поле Най общо ефектът се изразява в повишаване на критичната температура от пластично към крехко разрушаване.	Основен и наваръчен метал на корпуса на реактора Горен блок Траверса Заваръчни и наварени шевове Тръбопроводи от първи контур на реактора Горен фланец

Таблица 2. Механично оборудване – механизми и ефекти на стареене

Елемент	Механизми и ефекти на стареене	
Реактор - корпус		
Опорен, горен, долен и дистанционен пръстени (обечайки)		Механична и термична умора, корозия, термично стареене, радиационно окрежкостяване, деформации в резултат на статично и динамично натоварване, пълзене на основния метал, радиационно окрежкостяване
Фланец		
Дъно		
Щуцери		
Шпилки	Деформации	
Клинове		
Заваръчни и наварени шевове, околошевна зона	Корозия, окрежкостяване	
Реактор – горен блок		
Траверса	Деформации	Малоциклова умора, термично стареене, деформации от статично и динамично натоварване, пълзене, радиационно окрежкостяване, корозия
Метална конструкция	Деформации, умора, рад. окрежкостяване	
Капак	Деформации, умора, рад. окрежкостяване	
Задвижване на СУЗ		
Въздушен колектор	Корозия под напрежение	
Болтове в капака	Деформации при пренатягане	



Елемент	Механизми и ефекти на стареене	
Парогенератор		
Парен колектор	Термична умора, корозия под напрежение	Малоциклова умора, термична умора, термично стареене, деформация от динамично натоварване, износване, контактна, транскристална и междукристална корозия, корозия под напрежение
Паропровод		
Щуцер		
Опорна конструкция	Деформации	
Изравнителен съд	Термична умора, корозия под напрежение	
Колектор		
Система за компенсиране на налягането		
Тръбопроводи	Деформации, умора, корозия под напрежение, ерозия	Деформации, умора, корозия под напрежение, ерозия, термично стареене
Компенсатор на налягането		
Барботажен съд		
Дъна на компенсатора		
Заварени пръстени на компенсатора	Корозия, деформации, термична умора	
Щуцери на компенсатора		
Главен циркуляционен тръбопровод		
Циркуляционни кръгове – тръбопроводи и колена	Умора, термично стареене, деформации. Колената се явяват концентратори на напрежение – деформации и умора.	Умора, термично стареене, деформации, радиационно окрежкостяване, корозия.
Система за аварийно охлаждане на зоната		
Тръбопроводи и колена	Корозия, деформации	Умора, динамични деформации, термично стареене, ерозия, корозия
Обратни клапани	Корозия	
Хидроакумулатор	Умора, динамични деформации, термично стареене, ерозия	
Пръстен и дъна на хидроакумулатор	Деформации, умора, корозия	
Щуцери на хидроакумулатор	Деформации, окрежкостяване, корозия	
Изравнителен съд	Умора, корозия	
Стълба	Деформации	



Елемент	Механизми и ефекти на стареене	
Хидроамортизъори		
Корпус метален	Деформации при статично и динамично натоварване, механична умора, корозия, ерозия	
Турбини		
Цилиндри високо и ниско налягане	Деформации, термично стареене, термична умора	Деформации при динамично натоварване, термично стареене, термична и механична умора на въртящите се части, ерозия, корозия
Паропрегревател		
Ротор с работни лопатки	Механична и термична умора, деформации, корозия	
Болтове за свързване на корпусите	Деформации, умора	
Фланец от въглеродна стомана	Деформации, корозия	
Скрепителни елементи – болтове, винтове, центриращи шпонки	Деформации	
Тръби от киселинно устойчива стомана	Ерозия, деформации	
Корпус със заварен щуцер	Деформации, корозия, умора	
Ресивери		
Заварени паропрегревател и сепаратор	Деформации, окрежкостяване	Термична умора, деформации, окрежкостяване, корозия
Разделители		
Компенсатор	Деформации	
Колена, тройници	Деформации	
Спирални канали (улитки)		
Корпус от неръждаема стомана	Умора, деформации, термично стареене, ерозия, деформации	Умора, деформации, термично стареене, ерозия, деформации, корозия
Заварени щуцери	Деформации, окрежкостяване, корозия	



Елемент	Механизми и ефекти на стареене	
Топлообменно оборудване		
Съдове	Деформации	Деформации, термично стареене, корозия, умора, ерозия
Топлообменници	Термично стареене	
Тръбопроводи	Деформации, корозия	
Помпи		
Арматура	Деформации	
Фланец	Корозия	
Щуцер	Деформации, корозия	
Филтър	Деформации, умора, пълзене на метала	
Херметични проходки		
Заварени тръби	Динамични, циклични, топлинни деформации	
Тръбопроводи за подхранваща вода		
Тръби от въглеродна стомана	Деформации, корозия, ерозия	
Паропроводи		
Тръбопроводи	Деформации, ерозия, корозия, термично стареене	
Спирателни клапани		
Кондензационна вакуумна система		
Кондензатор	Деформации, стареене, умора	
Тръби от неръждаема стомана		
Бризгални басейн		
Тръбопроводи и разпръскващи дюзи	Деформации, механична умора, ерозия	
Опорно-окачваща система		
Опори – направляващи, пружинни, плъзгащи, ограничителни	Деформации, умора, ерозия, динамични деформации	
Помпи		
Рама, капак на рамата, плъзгач, направляващ плъзгач, колян вал, мотовилка, бутален прът, корпус и салникова втулка, накрайник на буталото, корпус на хидроблока и щуцери	Деформации, умора, ерозия, корозия	



СТРОИТЕЛНИ КОНСТРУКЦИИ

Таблица 3 Механизми на стареене на метала на строителните конструкции

Механизъм на стареене	Описание	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Термично стареене	При високи температури материалът може да загуби пластичност и да стане крехък поради микроструктурни промени при отделяне от металната матрица на дисперсни частици.	Необратим механизъм на промяна на геометричните параметри и на механичните свойства на метала, който е силно зависим от температурата, микроструктурата на материала и времето.	При повечето метали и сплави
Умора	Влошаване на металната структура, което може да възникне в резултат на повтарящи се цикли на натоварване, причинени от променливи механични или топлинни натоварвания.	При натрупване на достатъчно локализирано микроструктурно увреждане се зараждат микро пукнатини, които впоследствие се развиват и могат да доведат до разрушаване.	При всички метали и сплави
Корозионна умора	Корозия, възникваща под едновременното действие на химични реагенти и циклични товари.	Едновременна промяна на механичните свойства на метала, зараждане на пукнатина от корозионни дефекти, развитието на която може да доведе до разрушаване на елемента.	Развива се при повечето метали и сплави
Обща корозия	Форма на разграждане на материала, причинено от химична или електрохимична реакция с околната среда.	Забележима промяна в гладкостта и характеристиките на повърхността на метала, което може да доведе до намаляване или загуба на функция на конструкция или елемент.	Развива се при повечето метали и сплави, с изключение на високолегираните



Механизъм на стареене	Описание	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Локална корозия	Локална промяна на повърхността на метала, причинена от концентрацията на определени химични агенти, като кислород, хлориди или амоняк.	Появява се под формата на локализирани ямки или малки петна на повърхностния слой на метала.	Развива се при повечето метали и сплави
Корозия под напрежение	Сложно явление, предизвикано от едновременното въздействие на механични, електрохимични и металургични фактори в присъствието на хлориди и в неутрално рН деминерализирана вода, съдържаща кислород, при температури по-високи от 250°C.	Намаляване на границата на провлачане и якостта на опън в радиационно поле.	Развива се при повечето метали и сплави
Износване	Постепенна загуба на повърхностен слой метал при триене и контакт при монтаж, ремонт или експлоатация	Изтъняване на стена, което може да доведе до нарушаване на геометрични параметри и до пробив.	Развива се при повечето метали и сплави
Междукристална корозия	Корозия, възникваща по границите на зърната. Сред химическите агенти, които могат да причинят междукристална корозия, са кислород, хлориди, сулфати и хидроокиси.	Ако корозията продължава до определена дълбочина, дори и да не настъпи съществена промяна в геометрията, загубата на материал и намаляването на дебелината на стената могат да доведат до отслабване на носимоспособността на конструкцията или елемента.	Развива при неръждавещи стомани и сплави



Механизъм на стареене	Описание	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Ерозионно-корозионно износване	Постепенно изнасяне на продуктите от корозия на метала с циркулиращата течност	Ерозия; Изменение на размерите.	Развива се при нелегирани стомани
Пластична (постепенна) деформация	Пластична деформация на метала под действие на външни товари.	Промяна на геометричните параметри на елемента, загуба на механична якост, разрушаване.	Развива се при повечето метали и сплави

Таблица 4 Механизми на стареене на бетона и стоманобетона

Механизъм на стареене	Описание	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Карбонизация (неутрализация)	Изменения, които настъпват в бетона под въздействието на въглеродния двуокис от въздуха. Калциевият хидроокис Ca(OH)_2 при поглъщане на CO_2 се превръща в калциев карбонат CaCO_3 . Влагата активизира този процес. CaCO_3 слабо се разтваря във водата в порите на бетона и по този начин карбонизацията понижава рН и ускорява корозията на арматурата.	Изменение на размерите	Развива се при бетон, цимент и вар
Излужване	Процес на разтваряне във вода на калциев хидроокис и хидролиза на хидросиликатите и други материали на циментовия камък.	Увеличаване на порьозността на бетона. Образуване по вътрешната повърхност на бетона, която не е в съприкосновение с вода, на люспи или сталактити	Развива се при бетон, цимент и вар



Механизъм на стареене	Описание	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Циклично замръзване-размръзване	Постепенно разпукване на материали под въздействието на ефекта на замръзване-размръзване на водата, която се съдържа в бетона	Изменение на размерите. Напукване на бетона	Развива се в бетона
Корозия на арматурата	Обща корозия на арматурата в бетона	Корозия на арматурата	Развива се в арматурата в бетона
Износване	Обобщаващ термин, описващ цикличното механично въздействие	Напукване на бетона	Развива се при бетонни повърхности
Ерозия	Изменение на повърхността и геометрията на обекта в резултат от преместване или размиване на материала под въздействието на преместващата се течност	Ерозия на повърхността	Развива се при бетонни повърхности
Пълзене / релаксация	Пластична деформация под въздействие на натоварване/освобождение	Изменение на формата	Развива се в бетона



Механизъм на стареене	Описание	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Умора	Влошаване структурата на бетона и стоманобетона, което може да възникне в резултат на повтарящи се цикли на натоварване, причинени от променливи механични натоварвания, вибрации, температура или влагосъдържание.	Напукване на бетона. Загуба на якост	Развива се в бетона
Сулфатна атака	Изменения, които настъпват в бетона под въздействие на магнезиеви и алкални сулфати, съдържащи се в почвите, подземните води и морската вода. Тези сулфати реагират с калциевия хидроокис и алуминиевия окис в портландцимента, като формират гипс и еtringит. При наличие на достатъчно вода това води до напукване и разрушаване на бетона.	Изменение на размерите. Напукване на бетона	Развива се в подземни или вкопани бетонни строителни конструкции
Неравномерно слягане	Напукване на бетонните конструкции, дължащо се на неравномерно уплътняване или движение на почвата, в която, или върху която тези конструкции са изградени.	Напукване на бетона	Развива се в бетона



Таблица 5 Строителни конструкции - механизми и ефекти на стареене

Елемент	Механизми и ефекти на стареене
Реакторно отделение - херметична конструкция	
Защитен бетон на купола	Ерозия на защитното покритие и материала на фугите вследствие на атмосферни въздействия
Анкерни корита на цилиндричните снопове	Корозия на метала
Защитни стоманени капаци и анкерирание на напрегателните снопове	Корозия на метала
Системата за отводняване на купола	Корозия на метала
Стоманени обслужващи площадки и стълбища	Корозия на метала
Цилиндрична част на защитната черупка	Карбонизация (неутрализация) на бетона
Напрегателни снопове	Корозия на метала Релаксация и умора
Стоманена обшивка на защитната черупка	Корозия
Реакторно отделение - обстройка	
Стоманобетонни стени на РО	Ерозия на външното изолиращо покритие вследствие на атмосферни въздействия
Стоманени вътрешни и външни конструкции	Деформации, умора, корозионна умора, локална корозия, равномерна корозия
Вентилационен комин на РО и неговата опорна ферма	Деформации, умора, корозионна умора, локална корозия, равномерна корозия
Стоманени колони	Деформации, умора, корозионна умора, локална корозия, равномерна корозия



Елемент	Механизми и ефекти на стареене
Машинна зала с деаераторно отделение и електроетажерки	
Стоманобетонни междуетажни плочи и ригели	Ерозия на бетоновото покритие Корозия на армировка
Стоманени носещи елементи	Деформации, умора, корозионна умора, локална корозия, равномерна корозия
Носещи елементи от строителните конструкции	Корозия на армировка Карбонизация на бетона
Турбофундамент	Корозия на армировка Карбонизация на бетона
Дизелови електростанции	
Стоманобетонни греди, носещи помпите на система QF	Корозия на армировка Карбонизация на бетона
Тръбопроводи между ДГС и брызгалните басейни	
Подземни части от тръбопроводите	Корозия
Брызгални басейни	
Фуги	Ерозия
Облицовка	Ерозия
Спецкорпус	
Междуетажни плочи	Корозия на армировка Карбонизация на бетона
Покривни панели	Корозия на армировка Карбонизация на бетона
Вентилационен комин на спецкорпуса	Корозия на армировка Карбонизация на бетона
Главна технологична естакада между РО и СК-3	
Стоманобетонни колони	Корозия на армировка Ерозия на бетона
Стоманени закладни елементи	Корозия
Носещи елементи от строителните конструкции	Корозия на армировка Карбонизация на бетона



Елемент	Механизми и ефекти на стареене
Циркулационна помпена станция	
Стоманобетонни греди	Корозия на армировка
Стоманобетонни стени към аванкамерата	Излужване, вследствие пукнатини и течове
Електрически канали между РО и ДГС	
Стоманобетонни елементи на каналите	Корозия на армировка Ерозия на бетона
Метални профили, носещи кабели	Корозия на метала

ЕЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКО ОБОРУДВАНЕ И ОБОРУДВАНЕ НА СИСТЕМИТЕ ЗА КОНТРОЛ И УПРАВЛЕНИЕ

Електрическите компоненти и компонентите на системите за контрол и управление на ЯЦ в процеса на експлоатация са подложени на комплекс от въздействия, които могат да бъдат механични, термични, химични, йонизационни и комбинирани. В резултат на различните процеси на въздействие биха могли да възникнат и различни механизми на физическо стареене в различните КСК.

Таблица 6 Механизми и ефекти на стареене на електрическите компоненти и компонентите на системите за контрол и управление

Механизъм на стареене	Определение	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Механично износване на движещи се детайли	Загуба на материал, породена от триенето на движещи се части.	Изтъняване на детайла, което може да доведе до нарушаване на геометрични параметри и до разрушаване.	Движещи се части на електрически двигатели, генератори, комутационна и защитна апаратура



Механизъм на стареене	Определение	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Умора на материала	Процес на постепенно натрупване на повреди в материала на конструкциите и детайлите вследствие на вибрации, напрежение, усукване, термично разширение и свиване, пренапрежение при включване и изключване.	Влошаване на механичните свойства. Промяна на геометричните параметри на материалите и конструкциите, загуба на механична якост, разрушаване	Конструкции и детайли на силови трансформатори, двигатели, генератори, акумулаторни батерии, комутационна и защитна апаратура. Конструкции на кабелни трасета, съединителни кутии и конектори,
Корозия	Химична или електрохимична реакция между материал, обикновено метал, и околната среда или между два различни метала, която причинява повреждане на материала или влошаване на неговите свойства.	Забележима промяна в гладкостта и характеристиките на повърхността на метала, което може да доведе до намаляване или загуба на функция на компонент. Предизвиква нарастване на импеданса в контактните повърхности или прекъсване на веригите.	Конструкции и детайли за закрепване и инсталиране на оборудването и кабелите. Корпуси на силови трансформатори, двигатели, генератори и комутационна и защитна апаратура. Комутационна и защитна апаратура, контактни повърхности и електрически съединения.



Механизъм на стареене	Определение	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Електрическа ерозия	Постепенна загуба на материал, предизвикана от искри, волтови дъги и други.	Нарастване на импеданса в контактните повърхности или прекъсване на веригите. Може да предизвика ускорено износване на лагерите.	Цинкови, калаени, или сребърни покрития на контактни системи на комутационна и защитна апаратура Датчици и прибори (ниво, Δp , температура, налягане, радиация, разход). Контролни и сигнални кабели, конектори и съединителни кутии. Процесът се проявява и като разряди и токови импулси през лагерите на електрически двигатели и генератори.
Стареене на електропроводимите материали	Промяна на състава на електропроводимите материали, дължащо се на термично и/или индукционно нагряване.	Намаляване на електрическата проводимост и/или влошаване на механичните им свойства.	Тоководещи конструкции и материали в силови трансформатори, електрически двигатели, генератори, кабели, комутационна и защитна апаратура. Датчици и прибори (ниво, Δp , температура, налягане, радиация, разход).



Механизъм на стареене	Определение	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Деградация на изолация	Негативни изменения на характеристиките на материала на изолацията.	Напрежението предизвиква намаляване на диелектрическата якост на изолационните материали. В комбинация с топлинно стареене и частични разряди може да доведе до загуба на диелектрическа якост. Йонизиращи лъчения могат да доведат до крехкост в изолационните материали и влошаване на техните механични свойства.	Изолационни конструкции и материали в силови трансформатори, електрически двигатели, генератори, кабели, конектори, комутационна и защитна апаратура, съединителни кутии. Датчици (за ниво, Δp , температура, налягане, радиация, разход)
Деградация на активните плочи в акумулаторни батерии	Негативни изменения на характеристиките на материала	Намаляване капацитета на акумулаторните батерии.	Акумулаторни батерии.
Изсъхване на електролитни кондензатори	Загуба на влага на електролита в резултат от работата на кондензатора	Изсъхването на електролитните кондензатори може да доведе до изтъняване на изолационния филм от алуминиев окис, което води до разпадане и потенциална експлозия на кондензатора.	Електролитни кондензатори



Механизъм на стареене	Определение	Ефекти на стареенето	Област на проявление
Окисление	Окислението обхваща два типа реакции: повишаване на валентността поради загуба на електрони или корозионна реакция, при която корозиралия метал образува окис.	Повишаване на импеданса на контактните системи и електрическите връзки; влошаване на диелектрическите свойства на смазочни и охлаждащи материали; намаляване на изолационното съпротивление	Контактни системи на комутационна и защитна апаратура; смазочни материали; изолационни материали, свързани с електрически компоненти.
Намаляване на точността на измерване	Увеличаване на грешката при измерване	Некоректни показания на приборите	Датчици (ниво, Δp , температура, налягане, радиация, разход) Контролни и сигнални кабели, конектори, съединителни кутии



Таблица 7 Електрически системи и системи за контрол и управление - механизми и ефекти на стареене

Елемент	Механизми и ефекти на стареене
Силови трансформатори	Окрехкостяване и деградация на изолация Окрехкостяване и деградация на изолация се появява в изолацията на намотките и в маслото (за маслени трансформатори). Процесът е свързан с окислителния ефект, който се засилва с увеличаването на температурата, като изолацията губи механичната си устойчивост и електроизолационните си характеристики. Окисление Окисление се наблюдава в маслото (за маслени трансформатори) на трансформаторите. Процесът на стареене на трансформаторното масло се обуславя главно от два фактора – наличие на кислород и висока температура. Процесът на окисляване се ускорява силно под действието на повишени температури. Контактна корозия Контактна корозия се причинява в случай на отслабено притискане на крайните части от пластините на магнитопровода. В резултат на това възникват повишени вибрации, които водят до възникването на този вид механизъм на стареене. Взаимодействието между променливите механични натоварвания и корозионната атака обикновено води до появата на корозионни продукти (ръжда), най-често под формата на контактна корозия. Умора на материалите на конструкциите и детайлите Умора на материала се появява вследствие на налични дефекти в кристалната решетка на материала в процеса на променливо натоварване, с много ниски стойности от номиналните параметри, характеризиращи механичната якост. Ерозия на контактната система Елементите от контактната система, които подлежат най-много на ускорено износване, са контактите на Янсеновият регулатор. Това се дължи на факта, че Янсеновият регулатор често се превключва под товар с цел да се поддържа напрежението на страна ниско напрежение. Характерно при тези превключвания е възникването на дъга, която действа ерозиращо върху контактите. В резултат на това част от контактната повърхност се премахва и се повишават преходните съпротивления.



Елемент	Механизми и ефекти на стареене
Разпределителни уредби	Механично стареене на опорна структура Електрическите табла се състоят от няколко основни подвижни части, които се износват. Това са вратите, подвижните части, блока на подвижният прекъсвач и механичните блокировки. Стареене на електропроводимите материали Стареенето на електропроводимите материали (шини и кабелни връзки в разпределителните уредби) при нормална експлоатация на проводниците се предизвиква от прегряване на места с лоши електрически връзки (високо преходно съпротивление). Контактна ерозия Върху контактните материали въздействат фактори ускоряващи стареенето: износване, изгаряне/нагар (дъгова ерозия) и химична ерозия. Окрехкостяване и деградация на изолация Изолационните материали стареят под въздействие на радиация, температура, замърсяване и влага и химично въздействие. Термичното стареене може да бъде крайно нелинейно, особено при високи температурни разлики, в радиационна среда или в случай на въздействието с химикали.
Електрически двигатели и генератори	Механично износване на движещи се детайли Умора на материалите на конструкциите Корозия Електрическа ерозия Стареене на електропроводимите материали Окрехкостяване и деградация на изолация
Кабели и кабелни конструкции	Стареене на кабелите Стареене на електропроводимите материали Окрехкостяване и деградация на изолация Радиационно стареене Стареене на кабелни конструкции Умора на материалите на конструкциите и детайлите Корозия на конструкциите
Дизел - генератор	Механично износване на движещи се детайли Умора на материалите на конструкциите Корозия Електрическа ерозия Стареене на електропроводимите материали Окрехкостяване и деградация на изолация



Елемент	Механизми и ефекти на стареене
Акумулаторни батерии	Деградация на активните плочи Замърсяване на електролита Деградация на корпусите на акумулаторните батерии Умора на материалите на носещите конструкции Окисление на електрическите връзки
Датчици и прибори (ниво, Δp , температура, налягане, радиация, разход)	Намаляване на точността на измерване Деградация на изолация Електрическа ерозия Стареене на електропроводимите материали
Контролни и сигнални кабели, конектори и съединителни кутии	Намаляване на точността Деградация на изолация Електрическа ерозия Умора на материала Топлинно стареене Радиационно стареене



ПРИЛОЖЕНИЕ 3 АНАЛИЗИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОСТАТЪЧНИЯ РЕСУРС НА МЕХАНИЧНО ОБОРУДВАНЕ

АНАЛИЗ НА СТАТИЧНА ЯКОСТ

Анализи на статична якост се извършват с цел потвърждаване, че при всички стойности на механичните натоварвания и температурите в режими на натоварване (регламентирани по проект и фактически реализирани) в условията на експлоатация на оборудването и тръбопроводите, напрежението не превишава допустимите стойности, определени за граничните състояния.

Основните изчислителни натоварвания са (ПНА Э Г 7-002-86 т.5.1.3.):

- Вътрешно или външно налягане;
- Тегло на изделието и неговото съдържание;
- Допълнителни натоварвания (тегло на присъединени детайли, изолация и др.);
- Усилия от реакции на опори и тръбопроводи;
- Температурни въздействия.

Основните състояния, които се отчитат при извършването на анализ са (ПНА Э Г 7-002-86 т.5.1.4.):

- Затягане на болтове и шпилки;
- Стартиране;
- Стационарен режим;
- Работа на системата за аварийна защита;
- Изменение на мощността на реактора;
- Спиране
- Хидравлично или пневматично изпитване;
- Нарушение на нормалните условия на експлоатация;
- Аварийна ситуация.

Напреженията, определени при изчисленията на статична якост на елементите на оборудването и тръбопроводите, не трябва да превишават допустимите стойности, определени в съответните нормативни документи.

ИЗЧИСЛЕНИЕ НА УСТОЙЧИВОСТ

Изчисления на устойчивост се изпълняват за цилиндрични корпуси, подложени на пълно или частично (странично) налягане. При проверката на устойчивост се определят последователно критичното напрежение, критичното налягане и допустимото външно налягане.

Устойчивостта на цилиндричния корпус е обезпечена, когато външното налягане е по-малко от изчисленото допустимо външно налягане.

Дъната на съдовете в зависимост от тяхната форма (плоски, сферични, елипсовидни, тороидални, конусни и др.) се проверяват на устойчивост по аналогичен начин.

Пресмятанията на устойчивост в условия на постепенна пластична деформация във времето (т.нар. „пълзене“) се извършват с цел определяне на допустимия срок на експлоатация на съоръжението, при продължителното въздействие върху конструкцията на зададеното външно налягане и други натоварвания на натиск.

АНАЛИЗ НА ЦИКЛИЧНА ЯКОСТ

Анализи на циклична якост се изпълняват под формата на обосновка на невъзможността за поява на макро-пукнати вследствие на циклично натоварване. В



резултат от анализа на циклична якост се определят допустимият брой повторения на режимите на натоварване за зададените експлоатационни натоварвания.

Много елементи на различните конструкции в процеса на експлоатация са подложени на променливо натоварване. Механичното поведение на материалите в такъв режим на работа съществено се различава от поведението им при статично натоварване. Разрушението настъпва мигновено, без съществена пластична деформация и при напрежения, значително по-малки от статичната якост на материала.

Началото на разрушаването при умора има изцяло местен характер. То започва в зони с повишено напрежение, където се образува микрорукнатина. Обикновено тя се формира на място, в което съществуват дефекти в структурата на материала – нееднородност, раковини, чужди включения, драскотина по повърхността и други подобни. Под действие на многократното изменение на напреженията микрорукнатината се развива бързо, сечението отслабва и елементът се разрушава внезапно.

Пресмятанията на циклична якост се свеждат до определяне на допустимия брой цикли при зададени амплитуди на напреженията или на допустимите амплитуди на напреженията при зададен брой цикли.

АНАЛИЗ НА ПРОДЪЛЖИТЕЛНА ЦИКЛИЧНА ЯКОСТ

Анализите на продължителна циклична якост се прилагат към елементи от конструкциите, работещи при високи температури, предизвикващи постепенна деформация във времето (пълзене) на материала и натоварени с повтарящи се термични или механични усилия.

Анализите за продължителна циклична якост включват проверка на необходимите изисквания за максимално допустима амплитуда на напреженията и допустим брой цикли. Конструктивните елементи, които се изчисляват на продължителна циклична якост е необходимо да удовлетворяват::

- Якостните условия, приети при избора на основните размери в целия интервал на експлоатационните температури;
- Якостните условия при пресмятане на продължителна статична якост.

АНАЛИЗ НА СЪПРОТИВЛЕНИЕ СРЕЩУ КРЕХКО РАЗРУШАВАНЕ

Анализите на съпротивление срещу крехко разрушаване се извършват под формата на обосновка на невъзможността за инициране на крехко разрушаване при нормални условия на експлоатация, при режими с нарушаване на нормалните условия на експлоатация и при аварии при наличие в конструкционния елемент на постулиран дефект във вид на пукнатина с определени размери, местоположение и ориентация. Анализите се извършват в линейно-еластична (с отчитане на коефициента на интензивност на напреженията) и в еластично-пластична постановка (пресмятане на J-интеграл).

Дефекти и пукнатини се срещат в много КСК по различни причини. Възможни са несъвършенства в изходния материал. Дефекти могат да се появят по време на процеса на производство или по-късно по време на експлоатация и под действието на различни условия или при контакт с флуиди. Наличието на такива дефекти може да доведе до компрометиране на структурната цялост на компонента под действието на приложените товари и на условията на околната среда.

Тези дефекти в много случаи могат да иницират развитие на съществуващите вече пукнатини, което от своя страна да доведе до така нареченото ”крехко” (внезапно, бързо) разрушение на материала. При такъв тип разрушаване не е задължително материалът да развие големи деформации. Подобен вид разрушаване може да се получи даже и при



материали, които могат да развият малки или по-големи пластични деформации. В последния случай, критичният товар може да се определи от критериите, свързани с теорията на пластичността или нелинейната загуба на устойчивост.

Анализът на разрушаването използва енергиен критерий или коефициент за интензивност на напреженията. Когато се използва енергийният критерий, се оценява енергията, необходима за разширяването на пукнатината, характеризираща съпротивлението срещу крехко разрушаване. Когато се употребява коефициентът за интензивност на напреженията, критичната стойност на амплитудата на полетата на напреженията и деформациите характеризира съпротивлението срещу крехко разрушаване. При някои условия двата критерия са еквивалентни.

В механиката на разрушаването се използват следните параметри:

- коефициент за интензивност на напреженията КИН;
- стойност на освободената енергия;
- J-интеграл.

Коефициентът за интензивност на напреженията и стойността на освободената енергия се прилагат в линейната еластична механика на разрушението. J-интегралът се използва и при двете: линейно-еластично и нелинейно-пластично поведение на материалите.

ПРЕСМЯТАНЕ НА ПРОДЪЛЖИТЕЛНА СТАТИЧНА ЯКОСТ

При пресмятания на продължителна статична якост се разглеждат всички експлоатационни режими, протичащи при температури, превишаващи установени стойности и предизвикващи пълзене, включително при нарушаване на нормалните условия на експлоатация.

Анализите за продължителна статична якост включват проверка на изискванията за допустими напрежения и необходимите условия за натрупване на продължителни статични повреждания.

Конструктивните елементи, които се изчисляват на продължителна статична якост следва да удовлетворяват:

- Якостните условия, приети при избора на основните размери в целия интервал на експлоатационните температури;
- Условията, приети при пресмятане на продължителна статична якост в целия интервал на експлоатационните температури.

ПРЕСМЯТАНЕ НА ИЗМЕНЕНИЕ НА ФОРМАТА

Пресмятане на изменението на формата се извършва за елементи на конструкцията, при които остатъчните изменения на формата при работа са недопустими или ограничени от зададени пределни (гранични) стойности, спрямо условията за нормална експлоатация на конструкцията.

Изчисленията се изготвят за всички режими на нормална експлоатация и нарушение на нормалните условия на експлоатация, при отчитане на всички натоварвания с изключение на сеизмичните и вибрационни натоварвания.

Изчислените стойности на преместванията, натрупващи се в течение на срока на експлоатация при отчитане на броя на цикли на повторение на експлоатационните режими, не трябва да превишават допустимите, установени на база експлоатационните изисквания.



АНАЛИЗ НА ЯКОСТ ПРИ СЕИЗМИЧНИ ВЪЗДЕЙСТВИЯ

Анализите на якост при сеизмични въздействия се извършват за оборудване и тръбопроводи, които е необходимо да запазят своята работоспособност при съвместно въздействие на експлоатационни и сеизмични натоварвания.

Сеизмичното натоварване върху оборудването и тръбопроводите се определя при едновременно сеизмично въздействие в двете хоризонтални и във вертикално направление.

За определяне на сеизмичното въздействие могат да бъдат използвани:

- Три акселерограми по три взаимно перпендикулярни направления;
- Спектри на реагиране, съответстващи на зададените акселерограми;
- Обобщени спектри на реагиране.

Определените при изчисленията напрежения и деформации не трябва да превишават допустимите, в съответствие с изискванията за съответната категория оборудване и тръбопроводи.

ПРЕСМЯТАНЕ ЗА ВИБРАЦИОННА ЯКОСТ

Пресмятания за вибрационна якост се извършват за елементи на конструкцията, подложени на вибрационно въздействие.

Изчисленията за вибрационна якост включват:

- Определяне на собствените честоти на трептене на конструкцията и проверка на условията за тяхното отместване в честотния диапазон спрямо детерминираните честоти на входното въздействие;
- Проверка за отсъствие на съприкосновение (виброударни взаимодействия) между елементите на конструкцията с цел изключване на повишено износване;
- Пресмятане на циклична якост с отчитане на вибрационното въздействие.
- .

АНАЛИЗ НА ЯКОСТ ЗА ОБОСНОВКА НА УСТАНОВЕНИТЕ ДЕФЕКТИ

Анализите на якост за обосновка на установените дефекти определят кинетиката на развитие на дефекти при циклично и/или статично натоварване. Резултат от анализа е определянето на ресурса на оборудването.

АНАЛИЗ НА ХИДРОДИНАМИЧНИТЕ НАТОВАРВАНИЯ

Анализите на хидродинамичните натоварвания се извършват с цел определяне на динамичните натоварвания върху оборудването и тръбопроводите на реакторната инсталация, които възникват при разкъсване на тръбопроводите. Изчислителните анализи на хидродинамичните усилия на КСК при разкъсване на тръбопроводите се извършват за избор на проектно-конструкторски решения и за доказване на съхранението на функциите на системите на безопасност и за преодоляване на опасните въздействия, които възникват при разкъсване на тръбопроводите.

АНАЛИЗ НА ГРАНИЧНИТЕ УСЛОВИЯ И ТЕМПЕРАТУРНИТЕ ПОЛЕТА

За обосновка на анализите за циклична якост и анализите на съпротивление срещу крехко разрушаване се извършват анализи на граничните условия за топлоотдаването и температурните полета за оборудването и тръбопроводите на реакторната инсталация.

Анализите на граничните условия и температурните полета се изпълняват за



определяне на стойностите на температурите и коефициентите на топлоотдаване.

ТЕРМОХИДРАВЛИЧЕН АНАЛИЗ

Термохидравлични анализи за поведението на реакторната инсталация на блока се извършват при нормалните условия на експлоатация, при режими с нарушаване на нормалните условия на експлоатация и при проектни аварии. Резултатите от термохидравличните анализи се използват като входни данни за анализите на температурните полета и анализите на якост на оборудването на реакторната инсталация.



ПРИЛОЖЕНИЕ 4 АНАЛИЗИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОСТАТЪЧНИЯ РЕСУРС НА СТРОИТЕЛНИ КОНСТРУКЦИИ

Цялостният процес за определяне на остатъчния ресурс на строителни конструкции може да бъде структуриран в следните основни етапи:

- Предварителна обосновка на остатъчния ресурс на строителните конструкции (в т.ч. и за периода на допълнителна експлоатация), включващо разработването на нужни мероприятия за ПСЕ;
- Установяване на действителното състояние и характеристики на материалите на съответните строителни конструкции и фактическо състояние на земната основа към момента на обследването чрез извършване на полеви и лабораторни изследвания, както и определяне на прогнозните физико-механични характеристики на материалите към времето на изтичане на удължения срок на експлоатация;
- Якостни анализи за оценка на адекватността на съответните строителни конструкции за приложимите към момента стойности на съответните технологични и природни въздействия, при консервативно заложили якостни и деформационни характеристики на материалите към края на удължения срок на експлоатация;
- Количествена оценка на остатъчния ресурс на съответните конструкции, съобразно изпълняваните от тях специфичните функции;

ПРЕДВАРИТЕЛНА ОБОСНОВКА НА ОСТАТЪЧНИЯ РЕСУРС

Основните дейности по предварителна обосновка на остатъчния ресурс на строителни конструкции могат да бъдат резюмирани, както следва:

- Определяне на потенциалните механизми на стареене за разглежданите строителни конструкции съобразно действащите норми и стандарти;
- Определяне на количествени характеристики (критерии) за контрол и проследяване на механизмите на стареене;
- Дефиниране на критичните елементи за всяка от разглежданите строителни конструкции, с описание на възможните повреди и дефекти;
- Оценка на оптималността на приетите стратегии за ТОиР, съвместно с възможността за осигуряване на изискваното техническо състояние и ресурсни характеристики;
- Оценка на техническото състояние на съответната строителна конструкция на база комплексно обследване и анализ на наличната информация, както и проследяване на ефектите на деградация вследствие на стареенето;
- Направа на предварителна оценка на остатъчния ресурс за всяка от разглежданите КСК, и дефиниране на нужните препоръки за последващи мерки за ПСЕ;

УСТАНОВЯВАНЕ НА ДЕЙСТВИТЕЛНОТО СЪСТОЯНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ НА МАТЕРИАЛИТЕ И ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПРОГНОЗНИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Основните дейности по установяване на действителното състояние и характеристики на материалите и определянето на прогнозни физико-механични характеристики могат да бъдат резюмирани, както следва:

- Установяване на действителното техническо състояние на материалите изграждащи строителната конструкция, към момента на обследването, на база на извършени полеви и лабораторни изследвания на физико-механичните характеристики на строителните материали;



- Чрез получените към момента на обследването стойности на якостните и деформационните характеристики на материалите се извършва количествено определяне на прогнозни (вероятни) физико-механични характеристики на материалите към времето на изтичане на удължения срок на експлоатация чрез използване на методика за оценка, базирана на анализ на стареенето и дългосрочна прогноза за якостта на материалите. Прогнозните характеристики се определят при условие на запазване или подобряване на режима на мониторинг на конструкцията, системата на техническо обслужване, ремонт и запазване на режимите на експлоатация. Така определените стойности се използват на следващия етап, при изготвянето на съответните контролни анализи на строителните конструкции;

ЯКОСТНИ АНАЛИЗИ ЗА ОЦЕНКА НА АДЕКВАТНОСТТА НА СТРОИТЕЛНИТЕ КОНСТРУКЦИИ

Основните дейности по якостните анализи за оценка на адекватността на конструкциите могат да бъдат резюмирани, както следва:

- Провеждане на контролен анализ за установяване на напрегнато и деформирано състояние на съответната строителна конструкция, чрез прилагане на физико-механичните характеристики на материалите, релевантни към края на периода;

Определяне на съответствието на напрегнато-деформираното състояние на конструкцията с изискванията на приложимата нормативна база;

АНАЛИЗИ ЗА ОЦЕНКА НА ОСТАТЪЧНИЯ РЕСУРС НА СТРОИТЕЛНИТЕ КОНСТРУКЦИИ

ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

При количествената оценка на остатъчния ресурс на конструкциите трябва да се използва обобщената информация от всички предходни стъпки, описани по-горе. Ако са удовлетворени изискванията на прилаганите нормативните документи следва да се приеме, че изследваната конструкция има достатъчно остатъчен ресурс, за да изпълнява своите проектни функции към края на удължения срок на експлоатация. При необходимост трябва да се съставят препоръки за подобряване системата на контрол на техническото състояние на конструкцията и да се предпришат подходящи техническо-организационни мероприятия за поддръжка на необходимата и надеждност.

Количествената оценка на остатъчния ресурс трябва да се основава на методики за оценка на ресурса на носещите елементи, базирани на анализ и дългосрочна прогноза за якостните и деформационните характеристики на строителните материали (бетон, армировка и стомана) към края на удължения срок за експлоатация. В съответните документи, визиращи обследването, трябва да са добре описани прилаганият методически подход за оценката на техническото състояние и обосновката на остатъчния ресурс на сградите и съоръженията в системата на ЯЦ.

Съгласно изискванията на НП-031-01 (Норми за проектиране на сеизмоустойчиви атомни централи), при проектирането на строителните конструкции на ЯЦ по линейно-спектралния метод не се отчитат нелинейни деформации, освен ако въпросната нелинейност не е обоснована. За целите на извършваните якостни анализи във връзка с оценката на остатъчния ресурс, трябва да се използват съответни идеализирани модели на конструкциите, изградени с необходимата степен на консерватизъм, и с отчитане на резултатите от предходните етапи на специализирано обследване, т.е. въз основа на актуалните якостни и деформационни характеристики на материалите, определени чрез



експериментални и аналитични методи. Визираните материални характеристики се определят консервативно, като се отчита промяната им към времето на изтичане на удължения срок на експлоатация на строителните конструкции. Числените анализи на идеализираните модели на конструкциите се реализират в средата на съответно приложими изчислителни системи, които са базирани основно на метода на крайните елементи.

Носещата способност се определя чрез анализ на напрегнатото и деформирано състояние на конструкциите при съответно изследвани възможни сценарии за загуба на функция и приложими критерии за приемливост. Съответният остатъчен ресурс на конструкциите се определя чрез оценка на основните критерии за якост и премествания, съгласно изискванията на нормативните документи за условията на разглежданите проектни въздействия. В анализите се разглеждат различни комбинации от въздействия, в т.ч. за условията на нормална експлоатация, проектна авария и или при сеизмично въздействия за съответни нива. Резултатите от извършените анализи и разчети са основание за провеждане на ремонтно-възстановителни работи, продължаване на срока на експлоатация или за завършване на експлоатацията.

ПРИЛОЖИМИ НОРМАТИВНИ ДОКУМЕНТИ

Основната част на методиката за определяне на остатъчния ресурс следва да отчита изискванията и препоръките на действащите нормативни документи (български, руски, европейски или американски) приложими за АЕЦ¹. Необходимо е да има ясно изразен и единен критерий при избора на нормативната база за оценка на остатъчен ресурс.

КРИТЕРИИ ЗА ПРИЕМЛИВОСТ

Не се допуска да бъдат смесвани критерии за оценка, от различни нормативни документи, както и отделни изисквания от тях да бъдат прилагани избирателно.

Поставените критерии за приемливост при определяне на остатъчния ресурс се отнасят за онези зони от конструкциите, които са и граници на зони за локализация на аварии и трябва да възпрепятстват нежелани изхвърляния на радиоактивни материали в случай на авария. За тази цел се изследват съответно структурният интегритет (запазване на носимоспособността и защитните функции) и херметичността на конструкциите. В зависимост от поведението на конструкциите се дефинират различни нива за интегритет и херметичност. Критериите за оценка по интегритет на конструкциите са базирани на осигуряване на еластична работа на материалите (бетон, прътова армировка, напрегателни снопове и стомана) при съответни ограничения за надвишаване на напрежения и деформации. Критерии за херметичност са свързани с изисквания за ограничаване на пластичните деформации в конструкциите, чрез които се гарантира тяхната локализираща функция, като бариера пред неконтролируемото разпространение на радиоактивни вещества.

ИЗСЛЕДВАНИ НАТОВАРВАНИЯ И ВЪЗДЕЙСТВИЯ

За определяне на остатъчния ресурс на строителните конструкции в системата на ядрени съоръжения се изследват следните нормални експлоатационни, проектни експлоатационно-аварийни и аварийни натоварвания:

- Експлоатационни натоварвания – постоянни товари, включващи собствените тегла на конструкциите, тръбопроводите и оборудването, страничното и вертикално налягане от течности; полезни товари; страничен земен натиск; опорни реакции на тръбопроводи и оборудване, получени при нормални

¹ Например издания на МААЕ, NRC, IEEE, ASME, Гостехнадзор России и др



експлоатационни условия и от натоварвания при извеждане на реактора в студено подкритично състояние; температурни въздействия върху стоманобетонните конструкции при нормални експлоатационни условия или при извеждане на реактора в студено подкритично състояние; крановите товари; натоварванията от налягане, вибрации, удар, съсхване и пълзене на бетона, слягане и подаване на опори, натоварвания при строителство и тестване;

- Проектни външни натоварвания – проектно натоварване от вятър и натоварвания от проектно земетресение, включващи и съответните опорни реакции на тръбопроводи и оборудване;
- Екстремални външни натоварвания – проектно натоварване от торнадо, включващо ветровото налягане от торнадото, диференциални налягания от торнадото и ударни натоварвания от летящи предмети; натоварвания от максимално проектно земетресение, включващи и опорни реакции на тръбопроводи и оборудване;
- Аварийни натоварвания - получените при проектно разкъсване на тръбопровод опорни реакции на тръбопроводи и оборудване, натоварвания от разлики в налягането, реактивни, импулсни и или ударни натоварвания върху конструкциите;
- Сеизмични въздействия - основните параметри на сеизмичното въздействие за площадката на АЕЦ се представят чрез спектрите на реагиране за ускорение на свободна повърхност и максималното ускорение на свободна повърхност.

КОМБИНАЦИИ НА ТОВАРНИ СЪСТОЯНИЯ

Комбинациите на товарните състояния за оценка на остатъчния ресурс се съставят така, че да се отчетат всички възможни неблагоприятни ситуации при едновременно действие на разглежданите въздействия при структурния анализ на конструкциите или при съответните изчисления на интегритета им. Използваните методики и правила за определянето на усилията и носещите способности на съответните конструктивни елементи следва да са съвместими с изискванията на прилаганата нормативна база.

МОДЕЛИРАНЕ НА СТРОИТЕЛНИТЕ КОНСТРУКЦИИ

Използваните изчислителни модели следва да осигурят възможност за реалистична оценка на поведението на конструкциите при действието на изследваните въздействия. В тази връзка моделирането на изброените по-долу параметри и характеристики на конструкциите следва да се извършва в съответствие със следните постановки:

- Материали – в идеализираните модели на конструкциите се използват прогнозните характеристики на съответните материали, получени на база резултатите от извършените полеви и лабораторни обследвания;
- Коравина – за стоманобетонните елементи от конструкциите се допуска да се моделират, като ненапукани сечения при условие, че напукването им не е значително при меродавна товарна комбинация. За моделиране на коравините на стоманени елементи се работи с предпоставка за начална еластична работа на материала в съответните сечения;
- Маса – собствената маса на носещата система се отчита чрез съответно зададени инерционни масови характеристики. Тежкото оборудване се моделира чрез концентрирани маси в съответните места на закрепване. Зададените стойности и параметри на масата в модела следва да имат подходящо подбрани динамични степени на свобода, да са съвместими с реалното разпределение на масата и да осигуряват възможност за оценка на съществените форми на трептене при реагирането на конструкцията;



- Затихване - чрез него се отчита дисипацията на енергия в конструктивните елементи (хистерезисната загуба на енергия в материала на конструктивните елементи при знакопроменливо натоварване, причинена от малки нелинейности в резултат от промяна на конструктивната коравина) и в земната основа. Най-съществен принос към стойността на затихването има разсейването на енергия в земната основа. Радиационно затихване в системата „Почва-фундамент“ и материално затихване в почвата се моделират чрез еквивалентно модално затихване на съответно използваните пружинни елементи. Материалното затихване се отчита чрез модално затихване, което се приема като процент от критичното затихване, в зависимост от типа на конструктивните елементи;
- Гранични условия – за моделиране на граничните условия по контакта между фундаментите и земната основа се използват еластични безтегловни пружинни и демфери. Глобалните коравини и коефициентите на затихване се определят чрез анализ на динамичната коравина на съответните фундаментни конструкции или от предварително изчислените честотно-зависимите импедансни функции;
- Хидродинамичните ефекти - при анализа на конструкциите е необходимо да се отчитат ефектите от хидро-динамичните маси и затихване. Влиянието на течностите в басейни следва да се моделира, като се отчитат присъединените маси и разплискването за хоризонталните и вертикалната компонента на въздействието.

ИЗЧИСЛИТЕЛНИ МЕТОДИ ЗА АНАЛИЗ

За анализ на поведението и определяне на остатъчния ресурс на строителните конструкции са приложими следните изчислителни методи:

Спектрален метод

При този метод уравненията на движение се решават чрез методи за разлагане по собствени форми, съгласно теорията за динамика на строителните конструкции. Системата свързани уравнения се трансформира в система самостоятелни уравнения. След това сеизмичното реагиране по отделните форми се суперпонира и се получава окончателното реагиране на изследваната конструкция. При този метод следва да се прилагат критериите за достатъчност на динамичното решение, като броят на формите, които се вземат под внимание, “невключената в анализа” маса или отчитаната в анализа ефективната модална маса. При прилагането на този метод за сеизмичен анализ на конструкции въздействието се представя чрез спектър на реагиране за ускорение.

Метод на модалната суперпозиция

Чрез този метод се изследва динамичното реагиране на строителни конструкции и техните съставни елементи. Анализът се извършва във времевата област по метода на "Модалната суперпозиция" при условията на линейна или нелинейна постановка. Входните функции на изследваните натоварвания и въздействия се въвеждат във вид на времево-зависими сили, премествания, скорости и ускорения. Изходните резултати съдържат стойности на съответните премествания, скорости, ускорения, усилия и напрежения в областта на моделираните конструктивни системи и елементи.

Директно интегриране във времето

При този метод за анализ се извършва съвместно решение на диференциалните уравнения на движението при определени начални и гранични условия. Метода „Директно интегриране във времето“ поддържа следните типове анализ за условията на линейна или нелинейна постановка:



- Линеен анализ - при този анализ особено важен е изборът на достатъчно малка стъпка за интегриране във времето, от което се определя съответната точност, устойчивост и сходимост на решението. Стъпката се определя или като процент от най-малкия период на конструкцията или така, че нейното намаляване наполовина да не промени установените параметри на реагиране с определен процент;
- Нелинеен анализ - този тип анализ се прилага основно за оценка на надпроектни събития и за доказване на интегритет. Чрез нелинеен анализ могат да се оценяват геометричните нелинейности, които водят до значителни изменения в геометрията на изследваната система, а както и процеси на развитие на физическа нелинейност, т.е. пластичност в елементи от изследваната конструкция.

Анализ в честотната област

При този метод се определят предавателните функции (комплексни функции на взаимодействието) на изследваната система в съответен честотен интервал. Чрез Фуриеровият спектър на входното въздействие и предавателните функции, се получава реагирането на носещата система за избраните честоти. Интервалът на избраната стъпка във времето за извършване на Фуриеровата трансформация следва да покрива всички честоти, които определят реагирането на изследваната система. Съответната стъпка в честотната област следва да позволява коректно да се определят предавателните функции в честотния интервал на реагиране на конструкцията.

Анализ на взаимодействието „Конструкция–земна основа”

Този тип анализ е приложим за всички конструкции, които не са фундирани върху скала или върху скални почви. При този метод се използват следните два подхода за решаване на задачата:

- Директен – при този подход реагирането на системата „Конструкция-земна основа” се определя чрез директно решение на уравненията на движение на изследваната система;
- Субструктурен – при този подход задачата се разделя на подзадачи, като всяка от тях се решава самостоятелно и резултатите им се комбинират за получаване на общото решение.

КОМБИНИРАНЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

За определяне на резултатите от извършените анализи за оценка на поведението и остатъчния ресурс на конструкциите се прилагат съответни процедури за комбиниране на реагирането по форми и по компоненти на въздействията. При комбиниране на повече от един параметър, се отчитат съответните стойности за всеки параметър на реагиране, в т.ч. и ефекти от реагиране като кораво тяло. Линеиният анализ за натоварвания, изменящи се във функция от времето може да бъде извършен поотделно за всяка една от компонентите на въздействието. И при двата случая е необходимо отделните компоненти на въздействието да бъдат статистически независими. При поотделно задаване на отделните компоненти, трябва също да бъде потвърдена и липсата на взаимодействие между реагиранятия по отделните оси на въздействието. В този случай, сумарното реагиране може да бъде получено чрез комбиниране на максималните параметри на реагирането от всяка една от компонентите на въздействието.

ГРАНИЧНИ УСИЛИЯ И ПРЕМЕСТВАНИЯ

За оценка на поведението и остатъчния ресурс на строителните конструкции се определят стойности на граничните усилия, напрежения, деформации и премествания в



основните конструктивни елементи, възли и детайли. Тези стойности се определят за условията на изследваните товарни комбинации, като за съответни типове анализ се прилагат и коефициенти на нееластично поведение. Въз основа на така определените числени резултати се извършват проверки за съответствието на носещите елементи и конструкции с приложимите критерии за носеща способност и експлоатационна годност.

МЕТОДИ ЗА ОЦЕНКА НА НОСЕЩА СПОСОБНОСТ И ЕКСПЛОАТАЦИОННА ГОДНОСТ

За оценка на носещата способност и експлоатационната годност на строителните конструкции се използват различни методи. В зависимост от използваните норми и изчислителни процедури са приложими следните методи:

- Метод на допустимите напрежения (Working Stress Design Method: IAEA Safety Series №50-SG-D15, “Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants”, A Safety Guide, Vienna, 1992, AISC N690-1984, Design, Fabrication, and Erection of Steel Safety-Related Structures for Nuclear Facilities, ANSI/AISC N690, 1984);
- Метод на изчислителната носеща способност (Strength Design Method : IAEA Safety Series №50-SG-D15, “Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants”, A Safety Guide, Vienna, 1992, ACI 318 – 89, Building Code Requirements for Reinforced Concrete, 1989 и ACI 349 – 90, Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures, 1990);
- Метод на граничните състояния (Ultimate Limit State Method: EC-2, Design of concrete structures, EN 1992-1: 2001, EC-3, Design of steel structures, EN 1993-1)¹.

Изброените методи се прилагат независимо от вида, сложността, значимостта и категорията на носещата система и оценяват различните аспекти в поведението на строителните конструкции, като носимоспособност и устойчивост на съставните елементи, напрежения в основната плоскост на фундирането, носещата способност и/ или потенциал за втечняване на земната основа.

Експлоатационната годност на строителните конструкции се оценява от условието за ненадвижение на определени гранични стойности на деформации или премествания, а в специални случаи и на пукнатини. Граничните стойности за различните параметри, необходими за определяне на експлоатационната годност, се определят от конкретни технологични изисквания и условия на поведение на конструктивните елементи.

¹ Гореуказаният стандарт ACI 318-89, както и европейските стандарти Еврокод представляват норми и правила, които са предназначени за общопромислено и гражданско строителство. Допуска се отделни изисквания от тях да бъдат използвани при анализ на конструкции на ЯЦ по изключение, когато въпросните изисквания липсват в специализираните норми и стандарти за АЕЦ.