

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

РЪКОВОДСТВО

**ДЕТЕРМИНИСТИЧЕН АНАЛИЗ НА БЕЗОПАСНОСТТА НА
ЯДРЕНИ ЦЕНТРАЛИ С РЕАКТОРИ С ВОДА ПОД НАЛЯГАНЕ**

РР-5/2022



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



СЪДЪРЖАНИЕ

1	ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2	ЦЕЛ И ОБХВАТ НА ДЕТЕРМИНИСТИЧНИЯ АНАЛИЗ НА БЕЗОПАСНОСТТА	4
3	ПОСТУЛИРАНИ ИЗХОДНИ СЪБИТИЯ И КАТЕГОРИИ НА СЪСТОЯНИЯТА	5
4	КРИТЕРИИ ЗА ПРИЕМЛИВОСТ	7
5	ПРАВИЛА ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ НА АНАЛИЗИТЕ	9
6	ВХОДНИ ДАННИ ЗА АНАЛИЗИТЕ	14
7	ИЗПОЛЗВАНЕ НА КОМПЮТЪРНИ МОДЕЛИ И ПРОГРАМИ	14
8	ДОКУМЕНТИРАНЕ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НА РЕЗУЛТАТИТЕ	15
9	ОСИГУРЯВАНЕ НА КАЧЕСТВОТО ПРИ ИЗПЪЛНЕНИЕ НА ДЕТЕРМИНИСТИЧНИ АНАЛИЗИ НА БЕЗОПАСНОСТТА	17
10	ПРЕПРАТКИ, ИЗПОЛЗВАНИ ДОКУМЕНТИ	18
11	ОПРЕДЕЛЕНИЯ	19
12	ПРИЛОЖЕНИЯ	22



1 ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

ЦЕЛ

1.1 Това ръководство има за цел да даде указания по прилагането на нормативните изисквания по отношение на изпълнението на детерминистични анализи на безопасността на ядрени централи с реактори с вода под налягане и методически указания за изпълнението на такива анализи. Ръководството отчита и най-добрите международни практики в областта на детерминистичните анализи на безопасността на ядрени централи, преди всичко документите на Международната Агенция за Атомна Енергия (МААЕ).

ОБХВАТ

1.2 Ръководството разяснява нормативните изисквания, свързани с детерминистичния анализ, представени в следните нормативни документи:

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

1.3 Ръководството дава указания за разработването или актуализирането на детерминистичния анализ на безопасността като част от Отчета за анализ на безопасността, при периодичен преглед на безопасността, за изпълнението на детерминистичен анализ на безопасността за обосновка на аварийни инструкции и ръководства за управление на тежки аварии, за анализ на експлоатационни събития. Документът допълва регулаторната база на Агенцията за ядрено регулиране (АЯР).

1.4 Ръководството разглежда детерминистичния анализ на аварии, предизвикани от вътрешни събития. Анализът на външните опасности е предмет на отделно регулиращо ръководство.

1.5 Ръководството не разглежда детерминистичните анализи на безопасността в подкрепа на вероятностен анализ на безопасността. Този тип анализи са предмет на РР-7/2010 [9].

1.6 Ръководството не разглежда също и детерминистичните якостни пресмятания за оценка на състоянието на КСК в резултат на вътрешни събития.

1.7 Ръководството е ориентирано към изпълнението на термо-хидравлични, термомеханични и радиологични анализи на безопасността. Анализите на ядрената безопасност (осигуряване на подкритичност при съхранение, транспортиране и манипулиране с ядрено гориво) са предмет на Наредбата за осигуряване безопасността при управление на отработено ядрено гориво (НОБУОЯГ) [4].

1.8 Ръководството е ориентирано към детерминистичен анализ на безопасността на ядрени централи, но е приложимо за всички ядрени съоръжения.

ЗАКОНОВИ ОСНОВАНИЯ ЗА РАЗРАБОТВАНЕ

1.9 Чл. 16, т. 3 на Закона за безопасно използване на ядрената енергия изисква лицата, които извършват дейности по използването на ядрената енергия с източници на йонизиращи лъчения и по управлението на радиоактивните отпадъци и отработеното гориво да извършват оценка на ядрената безопасност и радиационната защита на ядрените съоръжения и на източниците на йонизиращи лъчения и да предприемат действия и мерки за повишаването им при отчитане на собствения и международния експлоатационен опит и научните постижения в тази област.



1.10 Чл. 59 на Наредбата за осигуряване на безопасността на ядрените централи (ЯЦ) изисква анализът на безопасността да се използва като метод за оценка на поведението на ЯЦ в широк спектър от експлоатационни състояния и аварийни условия за потвърждаване на адекватността на проектните основи и проектните решения и за демонстриране на възможността за поддържане на ЯЦ в безопасно състояние.

1.11 Наредбата за реда за издаване на лицензии и разрешения за безопасно използване на ядрената енергия определя случаите, за които се изисква заявителят да извърши и представи в АЯР оценка на безопасността на дейностите по използване на ядрената енергия. Специфични изисквания за извършване на оценка на безопасността за отделните дейности по използване на ядрената енергия се съдържат в наредбите по чл. 26, ал. 2 на ЗБИЯЕ – Наредбата за осигуряване безопасността на ядрените централи, Наредбата за осигуряване безопасността при управление на отработено ядрено гориво, Наредбата за безопасност при управление на радиоактивните отпадъци, Наредбата за осигуряване безопасността на изследователските ядрени инсталации и др.

1.12 Ръководството заменя РР-5/2010 [6] като отчита изискванията на актуалната НОБЯЦ [2]. В тази връзка указанията в Ръководството се прилагат по отношение на детерминистичния анализ на безопасността на заварените ядрени централи, които са въведени в експлоатация до влизането в сила на наредбата, доколкото това е практически приложимо.

1.13 Ръководството няма задължителен характер. Следването на препоръките ще доведе до подобряване на взаимодействието между регулиращия орган и експлоатиращата организация.

2 ЦЕЛ И ОБХВАТ НА ДЕТЕРМИНИСТИЧНИЯ АНАЛИЗ НА БЕЗОПАСНОСТТА

2.1 Целта на детерминистичния анализ на безопасността е да потвърди изпълнението на регулаторните изисквания за безопасност на ядрената централа като демонстрира изпълнението на функциите на безопасност и целостта на бариерите, т.е. способността на конструкциите, системите и компонентите (КСК) да ограничат изпускането на радиоактивни продукти в установените граници.

2.2 Детерминистичният анализ на безопасността предсказва поведението на блока при настъпване на постулирани изходни събития (ПИС), които могат да се комбинират с допълнителни откази и действия на оперативния персонал.

2.3 Детерминистичен анализ на безопасността се изпълнява на етап проектиране на ядрената централа и на отделните ѝ системи, като целта е определяне на характеристиките на системите, граничните стойности (уставките) за тяхното включване/изключване, характеристиките на работната им среда.

2.4 Детерминистичният анализ на безопасността, като раздел на Отчета за анализ на безопасността, е основна част от документите, представяни в АЯР на етап лицензиране на ядрената централа, с които се демонстрира изпълнението на изискванията за безопасност.

2.5 Детерминистичен анализ на безопасността се изпълнява при модернизацията и внедряването на нови системи за определяне на необходимия капацитет на тези системи, уставките за тяхното включване/изключване, характеристиките на работната им среда.

2.6 Детерминистичен анализ на безопасността се изпълнява при всички съществени изменения в първоначалния проект на ядрената централа като повишаване на мощността, удължаване срока на експлоатация, промяна на типа на ядреното гориво.



2.7 Детерминистичният анализ на безопасността е част от периодичния преглед на безопасността. При необходимост анализът се актуализира, за да отчете действащите нормативни и регулаторни изисквания, настъпилите изменения в проекта в резултат на модернизации, изменените свойства на материалите в резултат на стареенето, експлоатационни данни за реалните характеристики на оборудването, експлоатационен опит, включително и от други блокове.

2.8 Детерминистичен анализ на безопасността се изпълнява при разработването на аварийни инструкции и ръководства за управление на тежки аварии за потвърждаване на ефективността на стратегиите за справяне с аварията и определяне на оптималните времена за изпълнение на действията на оператора.

2.9 Детерминистичен анализ на безопасността се изпълнява при анализ на експлоатационни събития с цел възстановяването и разбирането на сценария на събитието и оценка на адекватността на действията на оперативния персонал и коректността на експлоатационните и аварийните инструкции.

2.10 Детерминистичен анализ на безопасността се изпълнява за реакторната инсталация и всички съоръжения за съхранение и транспортиране на ядрено гориво.

3 ПОСТУЛИРАНИ ИЗХОДНИ СЪБИТИЯ И КАТЕГОРИИ НА СЪСТОЯНИЯТА

3.1 За изпълнението на детерминистичен анализ на безопасността се съставя изчерпателен списък на ПИС, който покрива всички правдоподобни откази на компоненти и системи и човешки грешки, които могат да се случат, включително при стационарни състояния и преходни режими.

3.2 Списъкът от специфични за блока ПИС се определя на етап проектиране на блока, като част от проектните основи, по систематичен начин с използването на структуриран подход, който се препоръчва да обхваща следните стъпки:

- Идентифициране на всички механизми за отказ на бариерите;
- Определяне на всички физически процеси, които могат да инициират механизмите на отказ на бариерите;
- Групиране на тези процеси по феноменология;
- Определяне на сценарии за всяка от горните групи;
- Постулиране на изходни събития, които водят до тези сценарии;
- Определяне на първопричината – вътрешни събития, външни събития

3.3 Структурираният подход за избор на ПИС може да включва използване на аналитични методи като Анализ на вида и ефекта на отказите (англ. FMEA - failure modes and effects analysis), Анализ на опасностите и отказите (англ. HAZOP - hazard and operability analysis), Главна логическа диаграма (англ. master logic diagrams).

3.4 Съставените списъци на ПИС се сравняват със списъците на подобни блокове и могат да се разширяват на основата на данни от експлоатацията на анализирания блок и на подобни блокове.

3.5 Всички ПИС се определят количествено чрез тяхната честота на поява. Събития с много ниска честота или малки последствия се включват първоначално в процеса на скрийнинг, където е възможно някои събития да бъдат изключени. Изключването от анализ на изходни събития се извършва, когато това е напълно обосновано и причините съответно документирани. Списъкът на ПИС се преразглежда в хода на проектиране и оценка на безопасността и се включва в итеративния процес на тези дейности.



3.6 В съответствие с чл. 72 на НОБЯЦ [2], ПИС се групират в 4 категории на състоянията на ЯЦ в зависимост от очакваната честота на поява за календарна година. Категориите обхващат:

- (1) Стационарни състояния и преходни процеси при нормална експлоатация;
- (2) Очаквани експлоатационни събития;
- (3) Аварии без стопяване на ядреното гориво;
- (4) Аварии със стопяване на ядреното гориво.

Примерен списък на ПИС и категоризация на състоянията на ЯЦ, които се отчитат при анализа на безопасността, е определен в приложението към чл.50 на същата наредба.

3.7 За ограничаване броя на компютърните изчисления, ПИС могат допълнително да се групират в зависимост от влиянието им върху изпълнението на функциите на безопасност. В този случай, някои от групите събития могат бъдат следните:

- Увеличаване на топлоотвеждането от системата на контура на топлоносителя на реактора;
- Намаляване на топлоотвеждането от системата на контура на топлоносителя на реактора;
- Намаляване на разхода в системата на контура на топлоносителя на реактора;
- Изменения на реактивността и енергоразпределението;
- Увеличаване на количеството топлоносител;
- Намаляване на количеството топлоносител;
- Нарушаване на топлоотвеждането от басейни за съхранение на отработено гориво;
- Понижаване на нивото на водата в басейни за съхранение на отработено гориво;
- Освобождаване на радиоактивни материали

Указания за групирането на ПИС са дадени в SSG-2 [10].

3.8 Специална група анализи представляват сценариите, водещи до големи температурни градиенти в корпуса на реактора при високо налягане (англ. PTS – Pressurized Thermal Shock). Изследването им включва системни термохидравлични анализи, тримерни термохидравлични пресмятания, пресмятания за определяне на температурните полета в корпуса на реактора, анализи за определяне на свойствата на метала с отчитане на стареенето и облъчването на корпуса, якостни анализи за определяне на напреженията в метала на корпуса на реактора. Указания за изпълнението на PTS анализи са дадени в TECDOC No. 1627 [13].

3.9 От всяка група събития се избират достатъчен брой сценарии, които са обхващащи по отношение изпълнението на съответните критерии за приемливост и по отношение на работните параметри на конструкциите, системите и компонентите (КСК), важни за безопасността.

3.10 ПИС се разглеждат за всички състояния на нормална експлоатация, включително понижена мощност, спрян реактор, отворен първи контур.

3.11 За състоянията без мощност се отчита това, че част от защитите и блокировките могат да са изключени, част от системите могат да са изолирани и/или изведени в ремонт, масата на топлоносителя в първи и втори контур може да е понижена, измервателните системи могат да са изключени, първи контур и херметичната обвивка може да са нехерметични. Указания за изпълнението на анализи за ниска мощност и спрян реактор са дадени в TECDOC 1042 [12].



4 КРИТЕРИИ ЗА ПРИЕМЛИВОСТ

4.1 Основните критерии за приемливост на резултатите от анализите на безопасността на ЯЦ в експлоатационни състояния и при аварийни условия са нормативно определени в наредбите по прилагане на ЗБИЯЕ. Резултатите от анализите следва да демонстрират изпълнението на целите на безопасността, определени в чл. 4, ал. 2, 3 и 4 на НОБЯЦ [2].

4.2 За демонстриране безопасността на ЯЦ следва да бъдат изпълнени следните основни критерии за приемливост:

- поддържане на годишните индивидуални ефективни дози от вътрешно и външно облъчване на населението във всички експлоатационни състояния и при аварийни условия в установените граници и на разумно достижимото най-ниско ниво чрез прилагане на мерки за смекчаване на радиологичните последици;
- поддържане целостта на бариерите по пътя на разпространение на йонизиращите лъчения (горивната таблетка, обвивката на топлоотделящия елемент, границите на контура на топлоносителя на реактора и херметичната конструкция на реакторната инсталация) в зависимост от категорията на състоянието на ЯЦ, включително аварии, за които се изисква тяхната цялост;
- осигуряване изпълнението на предвидените функции на безопасност от системите и действията на персонала при аварии, при които това се изисква;
- практическо изключване на големи или ранни изхвърляния на радиоактивни вещества в околната среда при аварии посредством предвидени технически средства.

4.3 В допълнение към основните критерии за приемливост, се определят специфични технически критерии за приемливост (наричани още производни критерии) с цел осигуряването на защитата в дълбочина и потвърждаването на достатъчността на запасите до основните критерии. Стойностите на производните критерии за отделните физически процеси се определят така, че непревишаването им да осигури запас до пределите, осигуряващи целостта на отделните физически бариери. Примери за производни критерии са температурите на обвивките на топлоотделящите елементи, стойността на коефициента на запас до криза на топлообмена, нарастването на енталпията на горивните таблетки и др.

4.4 За всички експлоатационни състояния и аварийни условия се определят радиологични и технически критерии за приемливост така, че събитията с по-голяма честота да са без или с минимални радиологични последици, а събитията с тежки последици, да са практически елиминирани.

4.5 При състояния от категории 1 и 2 е необходимо да се демонстрира запазване на целостта на обвивките на топлоотделящите елементи, като за целта се определя гранична стойност за запаса до криза на топлообмена, както и критерий по отношение на взаимодействието на горивните таблетки с обвивката.

4.6 При състояния от категория 3 е необходимо да се демонстрира, че:

- температурата на обвивките на горивните елементи не превишава определена стойност, осигуряваща предотвратяването на топене и окрежкостяване на обвивките, с което се гарантира липсата на фрагментация на горивните елементи и охлаждаемост на активната зона;
- еквивалентната дълбочина на оксидирането на обвивката на горивния елемент не превишава определена част от първоначалната дебелина на обвивката преди оксидирането, за да се предотврати окрежкостяване на обвивките;



- делът на реагиращия цирконий в активната зона не надвишава определена част от неговата маса в обвивката на горивните елементи, с което се гарантира предотвратяване на водороден взрив в херметичната обвивка.

Ако проектантът на горивото не е обосновал други стойности, то за потвърждаване на горните изисквания, следва да се гарантира, че максималната температура на обвивките не превишава 1200°C, локалната дълбочина на окисляване не превишава 17% от първоначалната дебелина на обвивката и частта на реагиращия цирконий не превишава 1% от масата му в обвивките на горивните елементи.

4.7 При състояния от категория 3 е необходимо да се демонстрира, че максималната температура в горивото не превишава специфичната за конкретното гориво температура на топене. Граничната стойност за температурата на топене се обосновава на основата на специфични аналитични и експериментални изследвания с отчитане на състава на горивото и съответните дълбочини на изгаряне.

4.8 При състояния от категория 3 за аварии с въвеждане на реактивност е необходимо да се демонстрира, че максималната специфична енергия, освободена в горивото, не превишава стойности, над които не може да се гарантира целостта на горивната таблетка. Граничните стойности за енергията се обосновават на основата на специфични аналитични и експериментални изследвания с отчитане на състава на горивото и съответните дълбочини на изгаряне.

4.9 При състояния от категория 1, 2 и от категория 3, предизвикани от индивидуални изходни събития, максималното налягане в контура на топлоносителя и във втори контур се счита за приемливо, ако не превишава 1.15 пъти съответното проектно налягане, освен ако в проекта не е обоснована друга стойност.

4.10 При анализи на състояния от категория 3, предизвикани от множествени откази, максималното налягане в контура на топлоносителя и във втори контур се счита за приемливо, ако не превишава 1.3 пъти съответното проектно налягане, освен ако в проекта не е обоснована друга стойност.

4.11 Радиологичните последствия от аварии без стопяване на активната зона, включително последствията при байпас на херметичната конструкция, могат да се считат за приемливи, ако не се налага прилагането на мерки за защита на населението (йодна профилактика, укриване и евакуация) в непосредствена близост до границата на площадката на ЯЦ.

4.12 При състояния от категория 4 е необходимо да се покаже, че с помощта на специални технически средства за управление на тежки аварии практически са изключени големи или ранни изхвърляния на радиоактивни вещества в околната среда. Ако това не може да бъде показано за действащи блокове, проектирани по стари нормативни изисквания, следва да се докаже, че събития, водещи до големи или ранни изхвърляния са много малко вероятни.

4.13 За тежки аварии, неводещи до големи или ранни изхвърляния, например със стопяване на активната зона при ниско налягане, е необходимо да се демонстрира отсъствието на необходимост от постоянно преселване, евакуация на населението и продължително ограничение на консумацията на храни от населението. За тези аварии се демонстрира и че прилаганите мерки за укриване и за защита на органите за дишане и кожата са ограничени по територия и време.

4.14 С анализите се демонстрира, че блокът може да бъде приведен в стабилно, контролируемо и безопасно състояние.



5 ПРАВИЛА ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ НА АНАЛИЗИТЕ

5.1 Изпълнението на анализ на безопасността започва с разработването на методика, включваща вид и цел на анализа, изследван обект, класификация на постулираните изходни събития, критерии за приемливост, допускания за начални и гранични условия, за разполагаемост на системите за безопасност и на системите за нормална експлоатация, за действия на оперативния персонал, входни данни, използвани програмни средства.

5.2 Изпълняват се следните видове детерминистични анализи на безопасността в зависимост от целта на анализа и категорията на разглежданите събития:

- (1) Анализи при проектиране на блока или отделни КСК;
- (2) Анализи за потвърждаване на динамичната устойчивост на блока;
- (3) Лицензионни анализи на събития от категория 1, 2 и 3, предизвикани от индивидуални ПИС;
- (4) Лицензионни анализи на събития от категория 3, предизвикани от множествени откази и от категория 4;
- (5) Анализи за обосновка на аварийни инструкции и ръководства;
- (6) Анализи на експлоатационни събития.

5.3 Началните и гранични условия и допусканията за разполагаемостта на системите могат да бъдат консервативни или реалистични в зависимост от вида на изпълнявания анализ и категорията на разглежданите събития.

5.4 За целите на консервативните пресмятания за началните и граничните условия се определят стойности, които водят до неблагоприятни резултати по отношение на критериите за приемливост, но определен набор от консервативни начални и гранични условия не води до консервативни резултати за всеки пресметнат параметър. За тази цел консервативните отклонения се определят за всяко начално и гранично условие в зависимост от спецификата на преходния процес и съответните критерии за приемливост. Указания за избора на консервативни начални и гранични условия са дадени в IAEA SRS-30 [11].

5.5 Детерминистични анализи на безопасността при проектиране на блока или отделни системи или при модернизиране на системите се изпълняват с цел определяне на характеристиките на системите за безопасност и на специалните технически средства за смекчаване на последствията от тежки аварии, а така също уставките за тяхното включване. С тези анализи се определят и характеристиките на средата, за които се квалифицират проектираните системи. За да се гарантира, че проектираните системи ще изпълняват функциите си, се извършват консервативни анализи.

5.6 Изпълняват се детерминистични анализи на безопасността за определяне на характеристиките и уставките на системите за нормална експлоатация, които са предназначени за предотвратяване на прерастването на отклоненията от нормалната експлоатация и очакваните експлоатационни събития в проектни аварии. Тези анализи на динамичната устойчивост на блока се изпълняват при проектиране на СУЗ, на системите за регулиране на блока, при настъпване на съществени изменения в тези системи или при изменение на номиналната мощност на блока. Анализите следва да демонстрират, че преходните режими на нормалната експлоатация и очакваните експлоатационни събития не водят до аварийно спиране на блока и сработване на системите за безопасност. Тези анализи се изпълняват с реалистични допускания, проектна работа на системите за нормална експлоатация, без допускания на откази, независими от изходното събитие.

5.7 Лицензионните анализи на събития от категории 1 и 2 и на събитията от категория 3, които са предизвикани от индивидуални изходни събития, са част от Отчета за анализ на безопасността. Те се изпълняват при консервативни допускания за началните



и граничните условия, с прилагане на принципа на единичния отказ, с отчитане на всички откази, зависими от изходното събитие.

5.8 Лицензионните анализи на събития от категория 3, които са предизвикани от множествени откази, и от категория 4, са част от Отчета за анализ на безопасността. Те се изпълняват при реалистични допускания за началните и граничните условия. Тези две категории събития по определение предполагат допускането на множествени откази, за тях не се прилага принципа на единичния отказ на система/компонент, независещ от изходното събитие. В анализите се допуска отчитането на работата на системи за нормална експлоатация, чиято работа не е възпрепятствана от изходното събитие.

5.9 Състоянията с множествени откази типично включват аварийни последователности като:

- Очаквани преходни процеси с несработване на аварийната защита (англ. – ATWS);
- Пълна загуба на електрическо захранване (загуба на външно захранване плюс загуба на основните източници на аварийно променливотоково захранване);
- Разкъсване на главен паропровод с последващи скъсвания на топлообменни тръби на парогенератор;
- Аварии с байпас на херметичната конструкция, включително скъсване на голям брой топлообменни тръби на парогенератор;
- Пълна загуба на подхранваща вода;
- Дълговременна загуба на системи за безопасност при постулирани изходни събития, изискващи тяхната работа;
- Неконтролируемо намаляване на концентрацията на разтворимия погълтател на неутрони в топлоносителя;
- Неконтролирано понижаване на нивото на топлоносителя в реактора при презареждане или спиране за ремонт;
- Загуба на крайния погълтател на топлина;
- Загуба на охлаждане на активната зона в режим на отвеждане на остатъчното топлоотделяне;
- Пълна загуба на системата за охлаждане на басейна за отлежаване на касетите.

5.10 Лицензионните анализи на събития от категория 1, 2, 3 и 4 се изпълняват при лицензиране на блока, при прелицензиране във връзка с модернизация, при периодичен преглед на безопасността, при обосновка на възможността за удължаване на срока на експлоатация.

5.11 Анализите за потвърждаване на аварийни инструкции и ръководства се изпълняват с реалистични допускания. Целта им е да се определи или потвърди ефективността на стратегиите за справяне с аварията и времената за изпълнение на действия на оперативния персонал.

5.12 Анализите на експлоатационни събития е необходимо да повторят сценария на събитието максимално точно. Те се изпълняват с реалистични допускания за началните и гранични условия, за които няма измервания. Целта на анализите е да се определят стойностите на физични величини, за които няма директни измервания, например разход на изтичане, топлинен баланс, и да се оцени ефективността на действията на оперативния персонал.

5.13 При изпълнението на анализите на безопасността се подхожда с разбирането, че моделите на физичните явления, заложи в програмите, и представянето на изучаваните обекти от ползвателя на програмата съдържат два вида неопределености. Първият вид неопределености са свързани с невъзможността стойността на даден параметър да се



определи точно, защото единствено възможна постоянна стойност по принцип не съществува. Това са например параметрите, поддържани от регулаторите на блока с определена точност, геометричните характеристики на детайлите, изработвани с определени допуски и т.н. Този тип неопределености не могат да се избегнат, те са вътрешно присъщи на обектите или явленията и е прието да се наричат алеаторни. Вторият тип неопределености съществуват по причина на несъвършенството на знанието за моделираните явления, прилагането на емпирични формули или инженерни коефициенти. В този случай единствено вярна стойност съществува, но тя не се знае. Тези неопределености, наричани епизматични, теоретично могат да се елиминират след време с развитието на науката, но на практика засега оказват съществено влияние при оценките на безопасността. Необходимо е неопределеностите да бъдат характеризирани по отношение на техния източник, същност и степен на влияние и да бъдат взети предвид в резултатите от анализите. Неопределеностите, които могат да повлияят на резултатите от анализите, се оценяват чрез анализ на неопределеностите и анализ на чувствителността. Анализът на неопределеностите се отнася до статистически комбинации на входните данни и предаването на неопределеностите в данните върху параметър, който е резултат от пресмятането. С анализа на чувствителността се оценява степента на влияние на всеки от изследваните входни параметри върху резултата.

5.14 При определянето на разполагаемостта на компонентите и системите за безопасност, при консервативните анализи се прилага принципът на единичния отказ, като отказът се допуска в компонента или системата с най-неблагоприятен ефект за пресмятания параметър.

5.15 При изпълнението на консервативни анализи, всички зависими откази и откази по обща причина вследствие на ПИС също се включват в анализа допълнително към единичния отказ.

5.16 При изпълнението на консервативни анализи се отчита и неработоспособност на един канал на системите за безопасност вследствие на техническо обслужване и ремонт по време на експлоатация, ако извеждането на канал в ремонт е предвидено в проекта.

5.17 При изпълнението на консервативни анализи се отчита загуба на външно електрическо захранване в случаите, когато това води до отрицателен ефект по отношение на запаса до критерия за приемливост. Допускането се налага в момента на изходното събитие, след спирането на реактора или изключването на турбогенератора, като се обосновава избора на момента на загуба на външно електрозахранване.

5.18 При изпълнението на консервативни анализи не се отчита работата на системите за нормална експлоатация и оборудването, което не е квалифицирано за специфичните условия на аварията, освен ако продължителната му работа води до по-неблагоприятно развитие на събитието от гледна точка на приложимите критерии за приемливост.

5.19 При изпълнението на консервативни анализи, допускането за извършване на ръчни операторки действия от блочния пулт за управление, с които се ограничава развитието на аварията, се прилага най-рано 30 минути след като първоначалната информация за аварията е била налична на оператора. По отношение на допусканията за ръчни действия от други пултове за управление, те се прилагат най-рано 1 час след началото на аварията. По изключение допусканията за ръчни действия могат да се прилагат по-рано при положение, че времето за действие е консервативно определено и напълно обосновано.

5.20 При прилагане на концепцията за предотвратяване на детонация на водород в херметичния обем, натоварванията по вътрешната херметична конструкция, които биха се получили при възпламеняване на водород се дължат на локални динамични ефекти в



резултат на явления като бърза дефлаграция или последователности с преминаване на дефлаграцията в детонация. За вътрешната херметична конструкция е необходимо да се покаже, че с отчитане на мерките за смекчаване на тежка авария при всеки един от сценариите, натоварванията, причинени от адиабатно, изохорно и пълно възпламеняване на водород не превишават проектното налягане в нито един момент.

5.21 При анализите на извън-корпусната фаза на тежка авария се отчитат явленията в специалните технически средства за задържане или разстилане на стопилката (ако такива съществуват) или явленията при взаимодействието на стопилката със структурите в херметичната обвивка. Отчита се генерирането на некондензируеми газове и влиянието им върху концентрацията на водород и върху повишаването на налягането в херметичния обем.

5.22 При анализите на тежка авария се определят възможностите за взаимодействие с други ядрени съоръжения на площадката.

5.23 За извършване на анализ на радиологичните последици при нормална експлоатация и при аварийни условия на ЯЦ, е необходимо да се оценят източниците на радиоактивност, радионуклидният състав и количествата радионуклиди, механизмите на пренос на радиоактивност през бариерите и освобождаването в околната среда (source term), както и пътищата на облъчване на населението.

5.24 Оценката на количествата радиоактивни вещества, отделени при нормална експлоатация, включва всички течни и газообразни радионуклиди със съществен принос при формиране на дозите на населението, като продукти на делене и активирани продукти на корозия.

5.25 При аварийни условия, оценката на отделените количества радиоактивни вещества включва определяне на поведението им и на механизмите на пренос на отделните видове вещества, задържането им в херметичната конструкция, освобождаването им във външната херметична конструкция, ако е предвидена такава, и последващото им освобождаване в атмосферата.

5.26 Оценката на количествата радиоактивни вещества, отделени в херметичния обем, се извършва поотделно за всяка последователност, за която събитията и явленията, влияещи на изхвърлянията, протичат по различен начин. Примери за такива последователности са:

- Последователности с бързо въвеждане на реактивност, което може да доведе до повишено отделяне на продукти на делене от горивната таблетка в газовата хлабина и до частична повреда (неплътност) на обвивките на топлоотделящите елементи;
- Аварии с голяма загуба на топлоносител, където се създават условия за повишено отделяне на продукти на делене от горивната таблетка в газовата хлабина и за частична повреда на обвивките на топлоотделящите елементи;
- Аварии със загуба на охлаждане на басейн за отлежаване на касети;
- Аварии при манипулиране с гориво.

5.27 Оценката на радиоактивните изхвърляния се извършва и за аварии с байпас на херметичната конструкция¹, тъй като въпреки относително малкото количество радиоактивни вещества, отделени през неплътности на горивото, радиологичните последици при тях могат да бъдат същите или съизмерими с последициите от аварии с по-голямо изхвърляне в херметичната конструкция, когато тя е със запазена функция на

¹ Не се включват тежки аварии с байпас на херметичната конструкция, за които трябва да е доказано, че са практически изключени.



безопасност. Примери за аварии с байпас на херметичната конструкция за ЯЦ с реактори с вода под налягане са:

- Изтичания от тръбопроводи на втори контур придружени със скъсване на топлообменна тръбичка на парогенератор;
- Изтичания от тръбопроводи на системи, разположени извън херметичната конструкция и директно присъединени към първи контур;
- Изтичания от спомагателни системи, съдържащи течни или газообразни радиоактивни вещества.

5.28 Избраните аварийни последователности с потенциални радиоактивни изхвърляния могат да бъдат групирани така, че оценката да се извърши само за една представителна гранична авария от всяка група. За всяка категория на състоянията с определена честота се анализира всеки тип авария, която предизвиква най-неблагоприятни радиологични последици.

5.29 Броят на разхерметизираните горивни елементи в процеса на аварията се определя на базата на термомеханични пресмятания, които отчитат вида на горивото и дълбочината на изгаряне. В радиологичните анализи броят на разхерметизираните горивни елементи консервативно се увеличава с 10% от общия брой на горивните елементи в активната зона.

5.30 Активността на топлоносителя на първи контур се постулира равна на максимално допустимата според технологичния регламент. Ако допустимата активност е дефинирана чрез отделни елементи или изотопи, отчита се активността на всички изотопи със съществен принос към облъчването. Количеството им съответства на максималния брой разхерметизирани горивни елементи в съответствие с допустимия предел за безопасна експлоатация.

5.31 Допълнително се отчита повишение на концентрацията на продукти на делене в топлоносителя в резултат на преходен процес, водещ до изменение на пада на налягането между вътрешността на горивните елементи и първи контур (спайк ефект).

5.32 Допускания за степента на задържане на радиоактивните продукти на делене в горивната матрица на разхерметизираните горивни елементи и степента на задържане на продуктите на делене в границите на първи контур се приемат на базата на експериментални и аналитични оценки. Препоръки за такива допускания са дадени в Regulatory Guide 1.183[14] и EUR 19841 [15].

5.33 Степента на неплътност на херметичната конструкция и степента на ефективност на филтърните системи се приема в съответствие с проектните характеристики на системите.

5.34 При анализа на избраните аварии може да се отчита автоматично изолиране на изтичането, ако системите, предназначени за това, са проектирани в съответствие с принципа за единичен отказ и ако тяхната работоспособност не е нарушена вследствие от изходното събитие.

5.35 Оценка на радиологичните последици се извършва и за аварийни състояния при спрян реактор, включително за гилотинно разкъсване на тръбопровод от системата за отвеждане на остатъчното енергоотделяне извън границите на херметичната конструкция, както и за аварии с продължително изтичане на радиоактивна среда извън херметичната конструкция.

5.36 Пресмятанията на радиологичните последици от всички състояния, включително тежки аварии, се извършват за кратковременна и дълговременна фаза, като се отчитат различните начини за преминаване на радиоактивните вещества в околната среда (въздух, повърхностни води, подпочвени води) и всичките пътища на облъчване



(външно, инхалация и поглъщане на радионуклиди чрез храни). За целта е необходимо да се определят степента на атмосферна дисперсия, отлагането по растенията, почвата и другите повърхности, както и други параметри, влияещи на облъчването.

5.37 При оценката на радиологичните последици от аварии, предизвикани от индивидуални изходни събития, се допускат най-неблагоприятните метеорологични условия, характерни за района на площадката.

5.38 Резултатите от оценката на радиологичните последици от избраните аварии се свеждат до определяне на годишната индивидуална ефективна доза от вътрешно и външно облъчване на населението на границата на зоната за превантивни защитни мерки и извън нея за първата година след аварията. Получените резултати се сравняват с нормативно установената гранична стойност 20 mSv (Чл.103 на [5]). Освен това, е необходимо да се покаже изпълнението на критериите по т.4.11 и 4.13 на ръководството.

5.39 Анализът, демонстриращ практическото изключване на големи и на ранни изхвърляния, включва:

- Идентифициране на състоянията, застрашаващи целостта на херметичната конструкция или позволяващи байпасиране на херметичната обвивка и водещи по този начин до големи или ранни изхвърляния;
- Оценка на ефективността на използваните в проекта технически средства, чиито вътрешно-присъщи характеристики гарантират невъзможността за възникване на такива състояния;
- Окончателно потвърждаване на ефективността на техническите средства чрез детерминистични анализи на безопасността, допълнени от инженерни и вероятностни оценки.

5.40 Указания за изпълнението на анализ, демонстриращ практическото изключване на големи и на ранни изхвърляния са дадени в отчет на WENRA [16].

6 ВХОДНИ ДАННИ ЗА АНАЛИЗИТЕ

6.1 Детерминистичните анализи на безопасността се извършват на основата на пълни и точни проектни данни за геометричните, материалните и технологичните характеристики на КСК.

6.2 За блокове в експлоатация, към проектните данни се добавят и експлоатационни данни, включително за характеристиките на конкретния тип зареждано гориво и за схемите на зареждане в активната зона, както и евентуалната деградация на характеристиките на оборудването вследствие на стареене. Допускания за действията на оперативния персонал се правят на основата на действащите инструкции и ръководства.

7 ИЗПОЛЗВАНЕ НА КОМПЮТЪРНИ МОДЕЛИ И ПРОГРАМИ

7.1 За изпълнението на детерминистични анализи на безопасността се използват съвременни програми с реалистични модели на описваните явления (програми за „най-добра оценка“, best estimate). Консервативност на получените резултати, когато е необходима, се постига чрез прилагането на консервативни начални и гранични условия, консервативни допускания за разполагаемостта на системите и за действията на оперативния персонал, а така също чрез анализ на неопределеностите и оценка на чувствителността на получените резултати към входните параметри на пресмятането. Описание на този подход е дадено в Глава 5.

7.2 Използваните в анализа на безопасността изчислителни методи и средства (компютърни програми) е необходимо да бъдат верифицирани и валидирани в достатъчна степен.



7.3 Верификацията на програма е процесът на потвърждаване, че математическите модели на физическите обекти и явления са пренесени коректно в компютърния код.

7.4 Валидацията на програма е процесът на потвърждаване, че даден математически модел адекватно представя реалната система от физически обекти и явления. Валидацията на програмите се осъществява чрез сравняване на резултатите от програмата с експлоатационни данни, с експериментални данни, с резултати от пресмятания с аналогични програми, с пресмятания на частни случаи на задачи, имащи точни аналитични решения. В процеса на валидация се оценяват неопределеностите на пресмятаните от програмата физически величини. Указания за валидирането на програми за детерминистични анализи на безопасността са дадени в IAEA SSG-2 [10]

7.5 Резултатите от верификацията и валидацията на програмите се документират във валидационен отчет. В него се дефинират границите на приложимостта на програмата, нейните ограничения и по възможност неопределеността на изчисляваните физични величини.

7.6 Наборите входни данни за системните термохидравлични програми се разработват с отчитане на характеристиките на конкретната реакторна инсталация. Те се документират в инженерни наръчници.

7.7 Наборите входни данни за системните термохидравлични програми се валидират чрез пресмятане на експлоатационни събития на конкретната реакторна инсталация или на друга, близка по характеристики реакторна инсталация и сравнение на резултатите от пресмятането с резултатите от записите на събитието. Ако резултати от експлоатационни събития не са налични, възможен метод за валидация на набора входни данни е сравнение с резултати от пресмятания с аналогични програми.

7.8 Необходимо е ползвателите да имат достатъчно опит в прилагането на компютърните програми. Задължително е да разполагат с подробна документация на програмата, включваща описание на моделите, граници на приложимост на програмата, препоръки при моделирането, описание на входните данни, валидационен отчет. Желателно е ползвателите да са преминали специализирано обучение и да имат възможност за техническа поддръжка от страна на разработчиците на програмата.

8 ДОКУМЕНТИРАНЕ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

8.1 Резултатите от детерминистичните анализи на безопасността се документират в отчет, който съдържа информация за целта на анализа, за моделирания обект и събитие, за използваната програма, включително конкретната версия, описание на началните и граничните условия, допусканията за анализа, критериите за приемливост.

8.2 Входните данни (геометрични, материали, технологични), използвани за анализите, се документират подробно заедно с техните неопределености. Посочват се референтни документи.

8.3 Резултатите от анализа се представят във вид на числени стойности на пресметнатите физични величини и/или на графики на изменението във времето на физичните величини, характеризиращи нестационарни процеси, а така също във вид на зависимости на изследвани физични величини от вариращи параметри.

8.4 При документирането на системни термохидравлични анализи се представя сценарий на преходния процес или аварията, включително основни събития, сработване на системите, действия на оперативния персонал, прагови ефекти.

8.5 Документират се всички параметри, чиито стойности са критерии за приемливост, които определят състоянието на функциите за безопасност, а така също и



всички параметри, важни за разбирането на процесите и явленията по време на преходния процес/аварията.

8.6 При документирането на системни термохидравлични пресмятания се представят следните параметри:

- (1) мощност на реактора и топлина, отвеждана към втори контур;
- (2) обща реактивност, реактивност по температура на забавителя, по температура на горивото, по концентрация на борна киселина, реактивност от системата за управление и защита (ако се разглежда реактивностна авария);
- (3) разход и енталпия на изтичащия топлоносител (ако се разглежда изтичане по първи или втори контур);
- (4) параметри, характеризиращи работата на системите за безопасност, като разходи, нива в резервоари, разходи през предпазни клапани;
- (5) минимален запас до криза на топлообмена (ако е критерий за приемливост);
- (6) параметри на топлоносителя – температури по кръговете, разход, налягане, относително съдържание на пара;
- (7) максимални температури на горивото;
- (8) максимални температури на обвивките на топлоотделящите елементи;
- (9) маса на топлоносителя в първи контур и ниво в активната зона и в ключови участъци (ако се разглежда събитие със загуба на топлоносител);
- (10) параметри по втори контур – налягане, ниво на водата в парогенераторите, разход и температура на подхранваща вода.

8.7 При документирането на термомеханични пресмятания се представят следните параметри:

- (1) размери и топлофизични свойства на таблетката и херметичната обвивка в процеса на изгарянето на горивото при нормална експлоатация;
- (2) състав и топлопроводност на газовата хлабина в процеса на изгарянето на горивото при нормална експлоатация;
- (3) температура на горивото и херметичната обвивка в процеса на аварията;
- (4) еквивалентна дълбочина на оксидация на обвивките на горивните елементи;
- (5) маса на реагиращия цирконий.

8.8 При документирането на пресмятания в херметичната обвивка се представят следните параметри:

- (1) разход и енталпия на топлоносителя, постъпващ към херметичния обем;
- (2) налягане, температура и влажност в херметичния обем, температура на стените на херметичната конструкция;
- (3) радиоактивни изотопи, постъпващи в херметичния обем, активност и концентрация на РБГ, аерозоли и форми на йода (когато целта е определяне на изхвърлянето в околната среда);
- (4) разход на маса, енергия и активност по изотопи в околната среда (когато целта е определяне на изхвърлянето в околната среда);
- (5) количество на генерирания водород и разпространението му в херметичния обем;
- (6) параметри на системите за безопасност в херметичната обвивка.

8.9 При документиране на анализи на вътрешнокорпусната фаза на тежки аварии се представят следните параметри:

- (1) мощност на реактора и топлина, предавана към втори контур
- (2) налягане в корпуса на реактора;
- (3) разход на топлоносителя през изтичането;
- (4) температура на изхода от активната зона;
- (5) температура на горивото и на херметичните обвивки на горивните елементи;



- (6) характеристики на релокацията на материалите на активната зона;
- (7) маса на генерирания водород и разход на водорода към херметичния обем;
- (8) параметри, определящи работата на системите за безопасност;
- (9) налягане в херметичния обем.

8.10 При документирани анализи на извънкорпусната фаза на тежки аварии, освен параметрите, изброени в т.8.8 се представят следните параметри:

- (1) разход и състав на стопилката;
- (2) площ на разстилане на стопилката;
- (3) параметри, характеризиращи взаимодействието на структурите на херметичната конструкция със стопилката;
- (4) параметри, определящи работата на специалните технически средства за смекчаване на последиците от тежки аварии.

8.11 При документирани радиологични анализи се представят следните параметри:

- (1) количество, състав и продължителност на изхвърлянето на радиоактивни материали в околната среда;
- (2) годишна индивидуална ефективна доза от вътрешно и външно облъчване на населението на различни разстояния, подходящи за демонстриране на изпълнението на установените гранични стойности.

8.12 При документирането на резултатите от анализите се представят сравнения с критериите за приемливост и се правят изводи за тяхното изпълнение.

9 ОСИГУРЯВАНЕ НА КАЧЕСТВОТО ПРИ ИЗПЪЛНЕНИЕ НА ДЕТЕРМИНИСТИЧНИ АНАЛИЗИ НА БЕЗОПАСНОСТТА

9.1 Детерминистичните анализи на безопасността се изпълняват в съответствие с подходящи процедури и инструкции по качеството, които се прилагат за всички дейности, влияещи върху качеството на крайните резултати. В документите по качество се определят приложимите стандарти по качество, които да се прилагат в съответствие с националните регулаторни изисквания и добри международни практики.

9.2 Документите по качество (процедури и инструкции) следва да обхващат целия процес на анализ на безопасността, включвайки:

- (1) Процес на събиране, проверка и утвърждаване на входната информация за обекта;
- (2) Верификация на набора входни данни;
- (3) Валидация на разработения модел на моделирания обект.

9.3 За всеки тип анализ се разработва методика, в която се описват целите на анализа, приложимите критерии за приемливост, избора на компютърна програма и взаимодействието между различните програми, ако това е подходящо, подхода при избора на началните и гранични условия и специфичните за анализа допускания.

9.4 В процедурите и инструкциите по качество се посочват възможните методи за проверка на резултатите – например сравнение с предходни резултати от аналогичен анализ за същия обект, сравнение с резултати, получени от други анализатори и с други програми и/или модели на обекта. Проверките се възлагат на компетентен специалист, неучастващ пряко в изпълнението на конкретния анализ. Резултатите от проверките и изпълнените коригиращи действия се документират и съхраняват.

9.5 Всички анализи, свързани с безопасността, се архивират така, че версията на използваната програма, наборите от входни данни и числените резултати да могат да бъдат възстановени при необходимост.



10 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.;
- [4] Наредба за осигуряване на безопасността при управление на отработено ядрено гориво, Приета с ПМС № 196 от 2.08.2004 г., обн., ДВ, бр. 71 от 13.08.2004 г., изм. и доп., бр. 76 от 30.08.2013 г., изм., бр. 4 от 9.01.2018 г., в сила от 9.01.2018 г., бр. 37 от 4.05.2018 г.
- [5] Наредба за радиационна защита, Приета с ПМС № 20 от 14.02.2018 г., обн., ДВ, бр. 16 от 20.02.2018 г., в сила от 20.02.2018 г., изм. и доп., бр. 110 от 29.12.2020 г.
- [6] Извършване на детерминистични оценки на безопасността, РР-5/2010, Агенция за ядрено регулиране;
- [7] Извършване на периодичен преглед на безопасността на ядрени централи, РР - 18/2016, Агенция за ядрено регулиране;
- [8] Безопасна експлоатация на АЕЦ, РР-10/2011, Агенция за ядрено регулиране;
- [9] Вероятностни анализи на безопасността на ЯЦ, РР-7/2010, Агенция за ядрено регулиране;
- [10] IAEA SSG-2 (Rev. 1) Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plants, Vienna, 2019
- [11] IAEA SRS No. 30 Accident Analysis for Nuclear Power Plants with Pressurized Water Reactors, Vienna, 2003
- [12] IAEA TECDOC No. 1042 Safety Analysis of Nuclear Power Plants during Low Power and Shutdown Conditions, IAEA, 1998
- [13] IAEA TECDOC No. 1627 Pressurized thermal shock in Nuclear Power Plants: Good practices for Assessment, Vienna, 2010
- [14] Regulatory guide 1.183 Alternative radiological source terms for evaluating design basis accidents at nuclear power reactors, U.S. NRC, July 2000
- [15] EUR 19841 Determination of the in-containment source term for a Large-Break Loss of Coolant Accident, European Commission, April 2001,
- [16] WENRA RHWG Report Practical Elimination Applied to New NPP Designs - Key Elements and Expectations



11 ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Аварийни условия	Отклонения от нормалната експлоатация, по-тежки от очакваните експлоатационни събития
Големи изхвърляния	Изхвърляния в околната среда, при които се налага изпълнението на мерки за защита на населението, прилагането на които не може да се ограничи по площ и време
Гранични условия за анализа	Определените в допусканията стойности на параметрите по време на развитието на преходния процес, например стойностите на уставките за сработване на системите за безопасност, запасите на вода в резервоарите и разходните характеристики на помпите на системите за безопасност.
Експлоатационни състояния	Състояния на нормална експлоатация и очаквани експлоатационни събития
Зависим отказ	Отказ на система или компонент, който е следствие от друг отказ или събитие.
Компоненти	Прибори, тръбопроводи, кабели и други изделия, осигуряващи изпълнението на зададени функции самостоятелно или в състава на системи и разглеждани като структурни единици в анализите на надеждността и безопасността.
Консервативен подход	Подходът към проектирането и конструирането, при който при извършването на анализи и пресмятания за параметрите и характеристиките се приемат стойности и предели, които определено водят към по-неблагоприятни резултати.
Конструкции, системи и компоненти (КСК)	КСК са всички съставни части на ядрената централа освен човешкия фактор. Конструкциите са пасивни елементи, като сгради, съдове и екрани. Системата е съставена от няколко компонента, съединени по такъв начин, че да изпълняват специфична функция.
Конструкции, системи и компоненти, важни за безопасността	Конструкции, системи и компоненти, важни за безопасността са системите за безопасност, КСК за нормална експлоатация, неправилната работа или отказите на които могат да доведат до недопустимо облъчване на персонала или населението, и техническите средства, предназначени за намаляване на последствията от неправилна работа или отказ на конструкции, системи и компоненти.
Контролирано състояние	Състояние вследствие на очаквано експлоатационно събитие или аварийни условия, при което основните функции на безопасност могат да се осигурят и което може да се поддържа за период до достигането на безопасно състояние.
Критерии за приемливост	Количествени ограничения на определени пресметнати параметри или качествено изразени изисквания, установени по отношение на резултатите от анализите на безопасността.



Начални условия за анализа	Определените в допусканията параметри на блока в началния момент на анализирания преходен процес. Примери за такива параметри са мощността на реактора, разпределението на енергоотделянето, налягането, температурата и разхода в контура на топлоносителя и др.
Нормална експлоатация	Експлоатацията на ядрената централа в рамките на експлоатационните предели и условия и включва режими на пускане, експлоатация на мощност, планово и непланово спиране на реакторната инсталация, презареждане на активната зона, техническо обслужване и изпитване на конструкции, системи и компоненти
Освободени радиоактивни вещества (Source term)	Количествата и изотопния състав на материалите, освободени или постулирани да бъдат освободени в атмосферата или повърхностните води при експлоатационни състояния или в атмосферата при аварийни условия. Отчита се физичната и химичната форма на радиоактивния материал, както и продължителността, височината и начина на изхвърляне, енергията.
Отказ	Невъзможност на КСК да изпълни проектните си функции.
Отказ по обща причина	Отказ на две или повече системи или компоненти вследствие на единично конкретно събитие или причина
Очаквано експлоатационно събитие	Отклонение на процеса на експлоатация от нормалната експлоатация, което се очаква да възникне най-малко веднъж в рамките на експлоатационния период на ядрената централа, но поради предвидените в проекта мерки не причинява значителни повреди на КСК, важни за безопасността, или не води до аварийни условия
Пасивен компонент (пасивна система)	Компонент (система), чието функциониране не зависи от външно въздействие, като команда за задействане, механично преместване или хранване с енергия.
Периодичен преглед на безопасността	Систематична преоценка на безопасността на ядрена централа, провеждана през определени интервали от време, с цел определяне на влиянието на натрупващите се ефекти от стареене, извършени изменения, експлоатационен опит и технически достижения и насочена към осигуряване на високо ниво на безопасност през целия срок на експлоатация.
Постулирано изходно събитие	Единичен отказ или непреднамерено инициране на система (компонент), външно събитие или грешка на персонала, определени на етапа на проектиране като способни да доведат до очаквани експлоатационни събития или аварийни условия, нарушавайки пряко или непряко една или повече функции на безопасност или целостта на бариера.
Прагов ефект	Ефектът на непропорционално голямо утежняване на последствията от събитие в резултат на сравнително малко изменение в параметър или състояние на КСК



Практически изключени състояния	Състояния, събития, аварийни последователности, сценарии, процеси, явления, условия и натоварвания, които физически не могат да се случат или за които с комбинация от детерминистичен и вероятностен анализ на безопасността е доказана ефективността на предприетите мерки и изключително ниската вероятност състоянията да възникнат, определена с високо ниво на доверие. Критерият за физическа невъзможност се прилага приоритетно при демонстрирането на практически изключени състояния.
Принцип на единичния отказ	Принцип, според който системата трябва да изпълнява проектните си функции при всяко, изискващо работата и изходно събитие и при отчитане на независим от изходното събитие отказ на един от компонентите на тази система.
Проектен експлоатационен срок	Установено и обосновано в проекта календарно време, в течение на което КСК трябва да изпълняват проектните си функции.
Ранни изхвърляния	Изхвърляния в околната среда, които изискват на мерки за защита на населението, чието прилагане е невъзможно поради липса на време
Реалистичен подход	Подходът към проектирането и конструирането, при който при извършването на анализи и пресмятания за параметрите и характеристиките се приемат стойности и предели, които определено водят до реалистични резултати.
Система за безопасност	Система, важна за безопасността, осигуряваща безопасно спиране на реактора или отвеждане на остатъчната топлина от активната зона или ограничаваща последиците от очакваните експлоатационни събития и аварията, предизвикани от индивидуално изходно събитие. Системите за безопасност могат да са защитни, локализиращи, управляващи или осигуряващи.
Тежка авария	Авария, която предизвиква значително повреждане на активната зона.
Управление на авария	Предприемане на комплекс от действия с цел: предотвратяване прерастването на дадено събитие в тежка авария, намаляване на последиците от тежка авария, постигане на дълготрайно безопасно устойчиво състояние.
Функция на безопасност	Конкретната цел, която трябва да бъде постигната за осигуряване на безопасността.
Херметична конструкция	Съвкупност от компонентите на строителните и другите конструкции, които ограждат пространството около реакторната инсталация, образуват предвидената в проекта физическа бариера и препятстват разпространението на радиоактивни вещества в околната среда. Пространството, затворено от херметичната конструкция, образува херметичен обем.



12 ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 ОСНОВНИ ДОПУСКАНИЯ В ЗАВИСИМОСТ ОТ ВИДА НА ИЗПЪЛНЯВАНИТЕ АНАЛИЗИ

Вид на анализите	Категория на разглежданите събития	Кога се изпълняват	Начални и гранични условия	Единичен отказ	Зависими откази	Допълнителни откази
Анализи при проектиране – за определяне на техническите характеристики на системите за безопасност и на характеристиките на работната им среда	1, 2, 3	При проектиране на ядрен блок При проектиране на нова система При модернизиране на система	Консервативни	Да	Да	Не
Анализи при проектиране – за определяне на техническите характеристики на специалните технически средства за управление на тежки аварии и на характеристиките на работната им среда	4	При проектиране на ядрен блок При проектиране на нова система При модернизиране на система	Реалистични	Не	Да	Не
Анализи за потвърждаване на динамичната устойчивост на блока при преходни режими на нормална експлоатация и при очаквани експлоатационни събития	1, 2	При проектиране на системите за регулиране на блока При настъпване на съществени изменения в проекта като увеличение на номиналната мощност	Реалистични	Не	Да	Не



РЪКОВОДСТВО

Детерминистичен анализ на безопасността на ядрени централи с реактори с вода под налягане

Вид на анализите	Категория на разглежданите събития	Кога се изпълняват	Начални и гранични условия	Единичен отказ	Зависими откази	Допълнителни откази
Лицензионни анализи – като част от Отчета за анализ на безопасността на събития	1, 2, 3 индивидуални изходни събития	При лицензиране на блока При прелицензиране във връзка с модернизация При периодичен преглед на безопасността При удължаване на срока на експлоатация	Консервативни	Да	Да	Не
	3 събития с множествени откази, 4		Реалистични	Не	Да	Не (освен тези, които дефинират сценария)
Анализи за потвърждаване на аварийни инструкции и ръководства	1, 2, 3, 4	При лицензиране на блока При промяна в аварийните инструкции и ръководства	Реалистични	Не	Да	Не
	1, 2, 3, 4	При анализирани на експлоатационни събития	Реалистични	Според сценария на събитието	Според сценария на събитието	Според сценария на събитието